В. И. Сивоглазов, И. Б. Агафонова,
Е. Т. Захарова

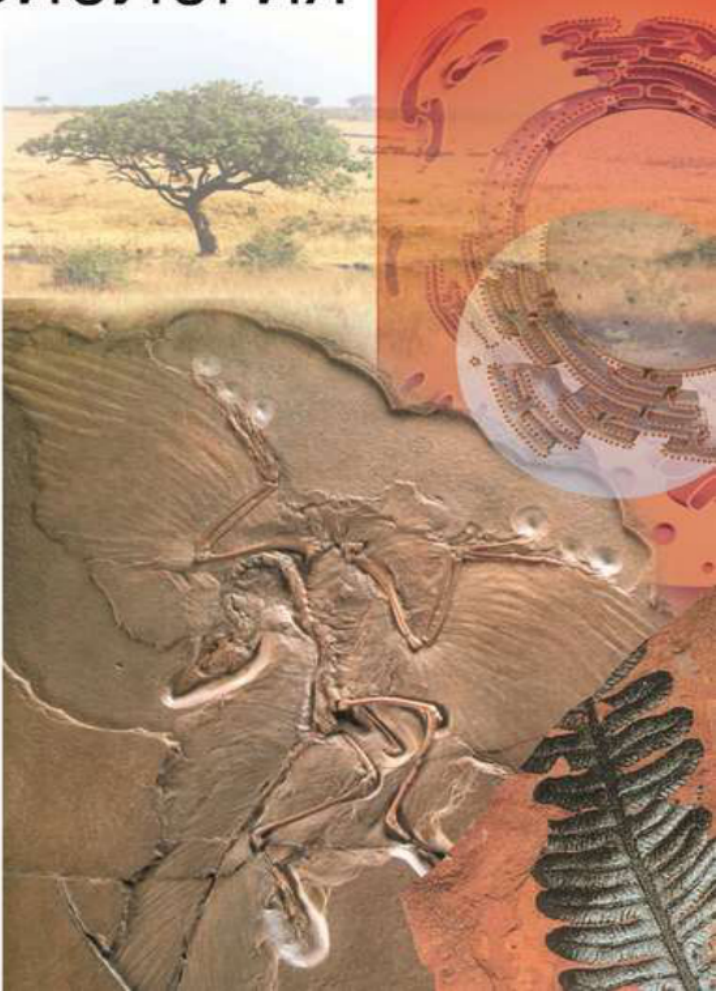
БИОЛОГИЯ

ОБЩАЯ БИОЛОГИЯ

БАЗОВЫЙ УРОВЕНЬ

11

КЛАСС



ВЕРТИКАЛЬ

ДРОФА

SHOUT
SHARE
IT

Annotation

Учебник соответствует Федеральному государственному образовательному стандарту среднего (полного) общего образования, рекомендован Министерством образования и науки РФ и включен в Федеральный перечень учебников.

Учебник адресован учащимся 11 класса и рассчитан на преподавание предмета 1 или 2 часа в неделю.

Современное оформление, многоуровневые вопросы и задания, дополнительная информация и возможность параллельной работы с электронным приложением способствуют эффективному усвоению учебного материала.

- В. И. Сивоглазов, И. Б. Агафонова, Е. Т. Захарова
  - Как работать с учебником
  - Глава 1. Вид
    -
    - 1. Развитие биологии в додарвиновский период. Работа К. Линнея
    - 2. Эволюционная теория Ж. Б. Ламарка
    - 3. Предпосылки возникновения учения Чарлза Дарвина
    - 4. Эволюционная теория Чарлза Дарвина
    - 5. Вид: критерии и структура
    - 6. Популяция как структурная единица вида
    - 7. Популяция как единица эволюции
    - 8. Факторы эволюции
    - 9. Естественный отбор – главная движущая сила эволюции
    - 10. Адаптации организмов к условиям обитания как результат действия естественного отбора
    - 11. Видообразование как результат эволюции
    - 12. Сохранение многообразия видов как основа устойчивого развития биосферы
    - 13. Доказательства эволюции органического мира
    - 14. Развитие представлений о происхождении жизни на Земле
    - 15. Современные представления о возникновении жизни
    - 16. Развитие жизни на Земле
    - 17. Гипотезы происхождения человека
    - 18. Положение человека в системе животного

мира
- 19. Эволюция человека
- 20. Человеческие расы

- Глава 2. Экосистема
  -
  - 21. Организм и среда. Экологические факторы
  - 22. Абиотические факторы среды
  - 23. Биотические факторы среды
  - 24. Структура экосистем
  - 25. Пищевые связи. Круговорот веществ и энергии в экосистемах
  - 26. Причины устойчивости и смены экосистем
  - 27. Влияние человека на экосистемы
  - 28. Биосфера – глобальная экосистема
  - 29. Роль живых организмов в биосфере
  - 30. Биосфера и человек
  - 31. Основные экологические проблемы современности
  - 32. Пути решения экологических проблем
- Заключение
- Приложения
  - Организация работы над учебными проектами
  - Список рекомендуемых интернет-сайтов
  - Памятка для ученика

- notes
  - 1
  - 2
  - 3

В. И. Сивоглазов, И. Б. Агафонова, Е. Т. Захарова
Биология. Общая биология. Базовый уровень. 11 класс

Как работать с учебником

Уважаемые старшеклассники!

В наступившем учебном году мы продолжим изучение курса общей биологии. Учебник 10 класса был посвящён процессам и явлениям, происходящим в основном на клеточном и организменном уровнях организации живой материи. В 11 классе мы поднимемся на следующие две ступени и рассмотрим особенности видового и экосистемного уровней.

Красочные *рисунки, слайды, электронные фотографии* не просто сопровождают текст учебника, но и являются источниками дополнительной информации. Работая с текстом, внимательно изучайте иллюстративный ряд соответствующего параграфа. *Понятия* и *законы,* на которые надо обратить особое внимание, выделены в тексте курсивом. Прочитайте дополнительный материал, помещённый в рамке. В конце параграфа вы найдёте вопросы и задания, которые помогут вам проверить себя и повторить изученный материал. Провести исследования, решить задачи или выполнить проекты, организовать экскурсию или принять участие в дискуссии вам помогут разнообразные вопросы и задания в рубрике *«Подумайте! Выполните!».* Материал под заголовком *«Узнайте больше»* расширит и углубит ваши базовые знания курса и будет хорошим подспорьем при подготовке к единому государственному экзамену. Раздел *«Повторите и вспомните!»* свяжет ваши новые знания с материалом курсов биологии растений, животных и человека, что даст возможность не только подготовиться к успешной сдаче ЕГЭ, но и сформирует единое информационное пространство. В старших классах вопросы дальнейшей профессиональной деятельности стоят уже очень остро. Рубрика *«Ваша будущая профессия»* поможет вам определиться с выбором специальности.

Большую помощь при изучении курса вам окажет электронное приложение. Пользуясь им, вы сможете не только усвоить новое, но и повторить изученный материал, проверить свои знания, подготовиться к любой форме контроля.

Работая с учебником, постоянно оценивайте свои результаты. Довольны ли вы ими? Что нового вы узнаёте при изучении новой темы? Как могут пригодиться вам эти знания в повседневной жизни? Если какой-то материал покажется вам сложным, обратитесь за помощью к учителю или воспользуйтесь справочной литературой и ресурсами Интернета.

Желаем успеха!

Авторы

Глава 1. Вид

ТЕМЫ

- *История эволюционных идей*
- *Современное эволюционное учение*
- *Происхождение жизни на Земле*
- *Происхождение человека*

В настоящее время на нашей планете обитает несколько миллионов видов живых организмов, каждый из которых по своему уникален. Каким образом сформировалось это ***колоссальное разнообразие?*** *Почему каждый вид* ***оптимально приспособлен*** *к условиям своего обитания? Чем* ***отличаются*** *одни виды от других? Почему одни виды* ***процветают****, а другие* ***вымирают*** *и исчезают с лица Земли? Какое место среди этого многообразия занимает вид* ***Homo sapiens*** *(Человек разумный) и кто его* ***предки?*** *Во все века человечество пыталось найти ответы на эти и другие подобные им вопросы.*

1. Развитие биологии в додарвиновский период. Работа К. Линнея

Вспомните!

Какие взгляды на происхождение жизни существовали в античный и средневековый периоды?

Мир живых организмов обладает рядом общих черт, которые всегда вызывали у человека чувство удивления и порождали много вопросов. Первая из таких общих черт – необыкновенная сложность строения организмов. Вторая – явная целесообразность строения, каждый вид в природе приспособлен к условиям своего существования. И наконец, третья ярко выраженная черта – огромное разнообразие существующих видов.

Каким образом возникли сложные организмы? Под влиянием каких сил сформировались особенности их строения? Каково происхождение разнообразия органического мира и как оно поддерживается? Какое место в этом мире занимает человек и кто его предки? На эти и многие другие вопросы отвечает эволюционное учение, которое является теоретической основой биологии.

Термин «эволюция» (от лат. evolutio – развёртывание) был введён в науку в XVIII в. швейцарским зоологом Шарлем Бонне. Под ***эволюцией*** в биологии понимают *необратимый процесс исторического изменения живых существ и их сообществ.* Эволюционное учение – это наука о причинах, движущих силах, механизмах и общих закономерностях преобразования живых существ во времени. Теория эволюции занимает особое место в изучении жизни. Ей принадлежит роль объединяющей теории, которая образует фундамент для всей биологической науки.

Античные и средневековые представления о сущности и развитии жизни. Объяснить происхождение жизни и человека люди пытались с глубокой древности. Многие религии и философские теории возникли как попытки решения этих глобальных вопросов.

Представления об изменяемости окружающего мира появились многие тысячи лет назад. В Древнем Китае философ Конфуций[1] считал, что жизнь возникла из одного источника путём расхождения и ветвления. В эпоху Античности древнегреческие философы искали то материальное начало, которое было источником и первоосновой жизни. Диоген считал, что все существа подобны одному исходному существу и

произошли от него в результате дифференциации. Фалес предполагал, что все живые организмы произошли из воды, Анаксагор утверждал, что из воздуха, а Демокрит объяснял происхождение жизни процессом самозарождения её из ила.

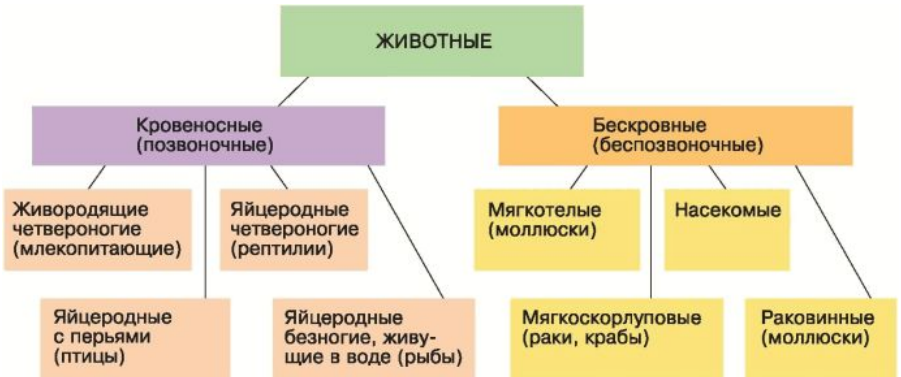


Рис. 1. Система животного мира по Аристотелю. В скобках приведены соответствующие современные систематические названия

Большое влияние на развитие и формирование представлений о живой природе оказали исследования и философские теории таких выдающихся учёных Античности, как Пифагор, Анаксимандр, Гиппократ.

Величайший из древнегреческих учёных Аристотель, обладая энциклопедическими знаниями, заложил основы развития биологии и сформулировал теорию непрерывного и постепенного развития живого из неживой материи. В своей работе «История животных» Аристотель впервые разработал систематику животных (рис. 1). Всех животных он разделил на две большие группы: животные с кровью и бескровные. Животных с кровью он, в свою очередь, разделил на яйцекладущих (яйцеродных) и живородящих. В другой своей работе Аристотель впервые высказал мысль о том, что природа – это непрерывный ряд усложняющихся форм: от неживых тел к растениям, от растений к животным и далее до человека (рис. 2).

В работе «Возникновение животных» Аристотель описал развитие куриного эмбриона и высказал предположение, что зародыши живородящих животных тоже происходят из яйца, но только лишённого твёрдой оболочки. Таким образом, Аристотеля в какой-то степени можно считать основателем эмбриологии, науки о зародышевом развитии.

Рис. 2. «Лестница существ» Аристотеля

С наступлением Средневековья в Европе распространяется идеалистическое мировоззрение, основанное на церковных догматах. Творцом всего живого провозглашается Высший разум, или Бог. Рассматривая природу с таких позиций, учёные считали, что все живые существа являются материальным воплощением идей Творца, они совершенны, отвечают цели своего существования и неизменны во времени. Такое метафизическое направление в развитии биологии называют *креационизмом* (от лат. creatio – создание, творение).

В этот период было создано множество классификаций растений и животных, но в основном они имели формальный характер и не отражали степень родства между организмами.

Интерес к биологии возрос в эпоху Великих географических открытий. В 1492 г. была открыта Америка. Интенсивная торговля и путешествия расширяли сведения о растениях и животных. В Европу завозили новые растения – картофель, томаты, подсолнечник, кукурузу, корицу, табак и многие другие. Учёные описывали множество невиданных ранее животных и растений. Возникла насущная необходимость создать единую научную классификацию живых организмов.

Система органической природы К. Линнея. Большой вклад в создание системы природы внёс выдающийся шведский естествоиспытатель Карл Линней. Учёный считал вид реальной и элементарной единицей живой природы, имеющей не только морфологические, но и физиологические критерии (например, нескрещиваемость разных видов). В начале своей научной деятельности К. Линней придерживался метафизических взглядов, поэтому он считал, что виды и их количество неизменны. Разработав короткие и чёткие определения признаков, учёный описал около 10 тыс. видов растений и более

4 тыс. видов животных. В возрасте 28 лет К. Линней опубликовал свою самую известную работу «Система природы», в которой описал основные принципы систематики – науки о классификации живых организмов. В основу своей классификации он положил принцип иерархичности (соподчинённости) таксонов (от греч. taxis – расположение в порядке), когда несколько мелких таксонов (видов) объединяются в более крупный род, роды объединяются в отряды и т. д. Самой крупной единицей в системе Линнея был класс. С развитием биологии в систему таксонов были добавлены дополнительные категории (семейство, подкласс и др.), но принципы систематики, заложенные Линнеем, остались неизменными до нашего времени. Для обозначения видов учёный ввёл бинарную (двойную) номенклатуру, первое слово названия обозначало род, второе – вид. В XVIII в. международным научным языком была латынь, поэтому Линней давал видам названия на латинском языке, что делало его систему универсальной и понятной во всем мире.

Карл Линней построил первую научную систему живой природы, которая включала всех известных в то время животных и все растения и была самой совершенной для своего времени. Впервые человек был помещён в один отряд с обезьянами. Однако, распределяя организмы по таксономическим группам, Линней учитывал ограниченное число признаков. Например, все животные были разделены на 6 классов по строению дыхательной и кровеносной систем: черви, насекомые, рыбы, гады, птицы и звери. Внутри классов Линней основывался на более мелких признаках, например птиц он объединял по клюву, а зверей – по строению зубов.

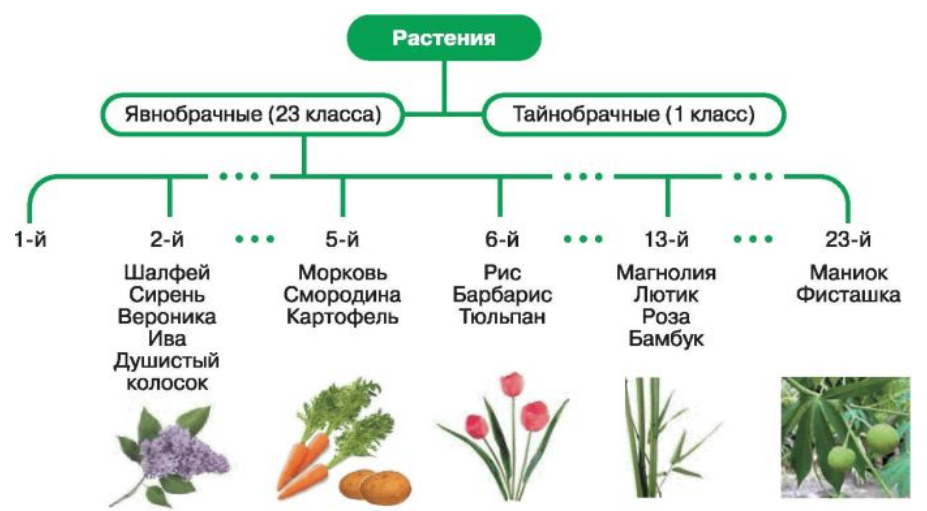


Рис. 3. Система цветковых растений К. Линнея

Основным признаком у цветковых растений Линней выбрал количество тычинок. Это привело к тому, что в одну группу попадали организмы, далеко отстоящие друг от друга по степени родства (рис. 3). Например, в один из 24 классов растений попали вместе сирень и ива, в другой – барбарис и тюльпан. Все растения, не имеющие цветков, Линней определил в отдельный класс – тайнобрачные. Однако, наряду с водорослями, споровыми и голосеменными растениями, он отнёс туда также грибы и лишайники. Осознавая искусственность своей системы природы, Линней писал: «Искусственная система служит только до тех пор, пока не создана естественная».

> Линней так выразил своё кредо учёного: «Когда я впервые стал изучать природу, я увидел её противоречие с тем, что можно было бы считать замыслом Творца. Я отбросил прочь предубеждения, стал во всём сомневаться, и тогда мои глаза впервые открылись, и я увидел истину».

Наряду с этим в XVII–XIX вв. в Европе существовала и иная система взглядов на изменяемость организмов, которая сложилась ещё на основе мировоззрений античных философов. Многие выдающиеся учёные того времени считали, что организмы способны изменяться под воздействием среды. Однако при этом учёные не стремились, да и не имели возможности доказывать эволюционные преобразования организмов. Такое направление в развитии биологии называют *трансформизмом* (от лат. transformo – превращаю). Среди представителей этого направления были Эразм Дарвин (дед Чарлза Дарвина), Роберт Гук, Иоганн Вольфганг Гёте, Дени Дидро, в России – Афанасий Каверзнев и Карл Рулье.

Вопросы для повторения и задания

1. Что было известно о живой природе в Древнем мире?
2. Чем можно объяснить господство представлений о неизменности видов в XVIII в.?
3. Что такое систематика?
4. По какому принципу построена классификация организмов К. Линнея?
5. Поясните мысль, высказанную К. Линнеем: «Система – это ариаднина нить ботаники, без неё гербарное дело превращается в хаос». Согласны ли вы с этим утверждением?

Подумайте! Выполните!

1. Охарактеризуйте и сравните трансформизм и креационизм.

2. Оцените роль латинского языка в развитии и становлении наук о живой природе.

3. Рассмотрите систему животного мира по Аристотелю (см. рис. 1). Каким группам (типам) организмов не нашлось в ней места?

Работа с компьютером

Обратитесь к электронному приложению. Изучите материал и выполните задания.

Повторите и вспомните!

Растения

Принципы ботанической классификации. Богатство растительного мира требует строгой классификации, которая должна помочь разобраться в существующем многообразии растений. Система соподчинённых таксонов отражает эволюционные взаимоотношения между организмами. Основная систематическая категория, используемая в биологической систематике, – *вид.* Объединение близких видов составляет *род,* близких родов – *семейство,* семейства составляют *порядок,* порядки – *класс,* классы – *отдел,* которые объединяются в *царство.* В соответствии с бинарной номенклатурой, предложенной К. Линнеем, название растения состоит из двух латинских слов, первое из которых является названием рода, а второе – видовым эпитетом, например: одуванчик лекарственный (Taraxacum officinale). Определим положение одуванчика в системе растительного мира:

• Царство Растения (Plantae)

• Отдел Цветковые, или Покрытосеменные (Magnoliophyta, или Angiospermae)

• Класс Двудольные (Dicotyledones)

• Порядок Астроцветные (Asterales)

• Семейство Сложноцветные, или Астровые (Compositae, или Asteraceae)

• Род Одуванчик (Taraxacum)

• Вид Одуванчик лекарственный (Taraxacum officinale)

Современные учёные среди растений выделяют группу высших растений. Это растения, тело которых расчленено на отдельные органы, они имеют специализированные

многоклеточные органы размножения, в их жизненном цикле происходит чередование полового и бесполого поколений. К высшим растениям относят отделы Моховидные, Плауновидные, Хвощевидные, Папоротниковидные, Голосеменные и Покрытосеменные (Цветковые).

Животные

Принципы зоологической классификации. Животные – самая многообразная группа организмов на Земле. В настоящее время их известно около 2 млн видов.

Современная система животных построена на основе выявления родства и общности происхождения отдельных форм. В зависимости от степени сходства и различия животных распределяют по группам. Самая высокая систематическая единица – царство, царство животных делят на типы (царство растений – на отделы). В современной систематике животных выделяют более 20 типов. Типы делят на классы, классы – на отряды (в ботанике – порядки), отряды – на семейства. Семейства состоят из родов, роды – из отдельных видов. Критериями видов являются не только особенности внешнего и внутреннего строения взрослых особей, но и характеристики эмбрионального развития, физиологии, распространения и многие другие признаки. В соответствии с бинарной номенклатурой, предложенной К. Линнеем, название животного, как и название растения, состоит из двух латинских слов, первое из которых является названием рода, а второе – видовым эпитетом, например: лисица обыкновенная (Vulpes vulgaris). Иногда требуется более дробное деление, в этих случаях к названиям таксономических категорий добавляют приставки *над-, под-, инфра-*. Определим положение лисицы в системе животного мира:

• Царство Животные (Animalia)
• Тип Хордовые (Chordata)
• Подтип Позвоночные (Vertebrata), или Черепные (Craniata)
• Класс Млекопитающие (Mammalia)
• Подкласс Настоящие звери (Theria)
• Инфракласс Высшие звери, или Плацентарные (Eutheria, sem. Placentalia)
• Отряд Хищные (Carnivora)
• Семейство Псовые (Canidae)
• Род Лисицы (Vulpes)
• Вид Лисица обыкновенная (Vulpes vulgaris)

2. Эволюционная теория Ж. Б. Ламарка

Вспомните!

Что такое эволюция?

Чем объясняется господство представлений о неизменности видов в эпоху К. Линнея?

В конце XVIII в. большинство учёных было готово принять идею об изменяемости видов. Продолжалось активное накопление научных знаний, многие из которых было сложно объяснить с точки зрения неизменности видов. Серьёзные перемены происходили в социально-экономической и политической обстановке Европы, в 1789–1794 гг. во Франции разразилась революция. Коренные изменения, которые потрясали общество, приводили к мысли, что и в природе не может быть постоянства.

Создателем первой эволюционной теории стал выдающийся французский естествоиспытатель Жан Батист Ламарк. Учёный считал, что наиболее общие категории явлений, такие как пространство, движение, материя и время, созданы Богом, а все остальные объекты образованы самой природой. Своей задачей Ламарк считал поиск того пути, по которому шла природа, формируя существующее многообразие живых существ. Эволюционную теорию Ламарк изложил в двухтомном труде «Философия зоологии» (1809). Учёный определил два основных направления эволюционного процесса: постоянное усложнение уровня организации живых существ, происходящее во времени (градация, от лат. gradatio – постепенное повышение), и увеличение разнообразия под действием условий среды. Таким образом, эволюционную теорию Ламарка можно разделить на две части: учение о градации организмов и учение об изменчивости.

Учение о градации организмов. Ламарк считал, что первые организмы произошли из неорганической природы путём самозарождения. Их дальнейшее развитие привело к усложнению живых существ, поэтому классификация организмов не может быть произвольной, она должна отображать процесс движения от низших форм к высшим. Всех животных учёный разделил на 14 классов, которые распределил по степени усложнения организации, образовав 6 ступеней – градаций (рис. 4). Самый низший уровень в этой системе занимали инфузории, наиболее высокий – млекопитающие. Для того чтобы объяснить механизм усложнения живых существ, Ламарк предположил существование у всех организмов стремления к совершенствованию, изначально

заложенного в них Богом (принцип самосовершенствования). Одновременное наличие в природе и простых, и более сложных организмов Ламарк объяснял постоянно продолжающимся процессом самозарождения жизни.

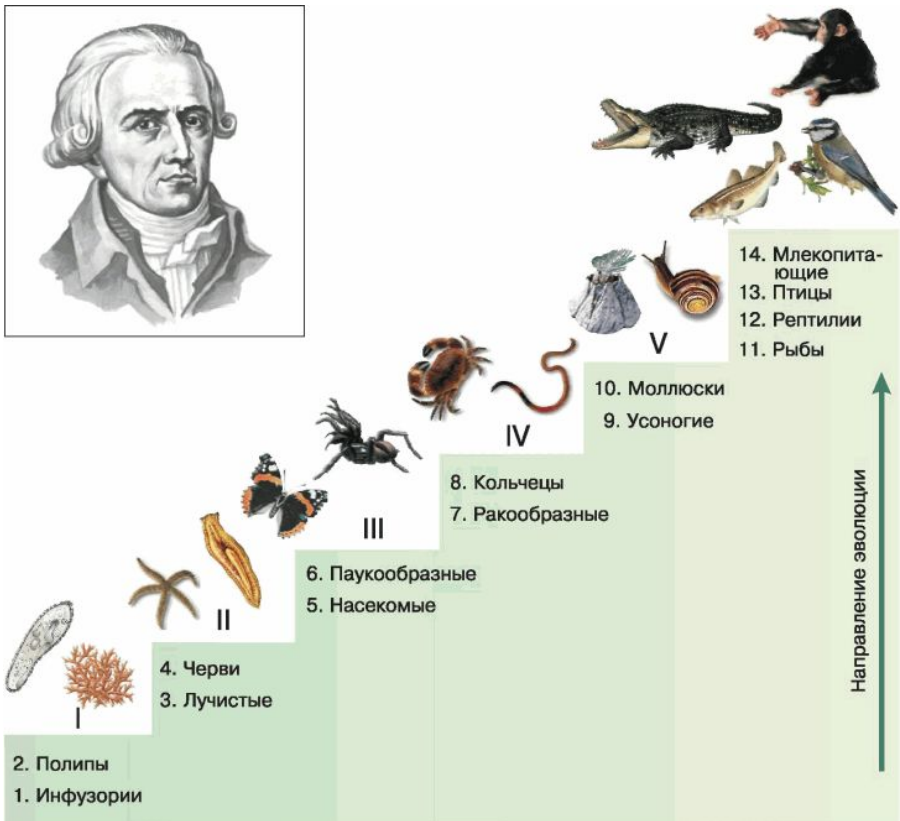


Рис. 4. Градации Ламарка

Учение об изменчивости. Совершенствуясь, организмы вынуждены приспосабливаться к условиям внешней среды. Для того чтобы объяснить, как возникает разнообразие на каждой ступени «лестницы существ», Ламарк сформулировал два закона.

Закон упражнения и неупражнения органов: *постоянное употребление органа ведёт к его усиленному развитию, а неупотребление – к ослаблению и исчезновению.* Согласно этому закону необходимость доставать листья на деревьях ведёт к тому, что жираф, стараясь до них дотянуться, постоянно вытягивает шею, в результате чего она становится длинной. Муравьеду, чтобы доставать муравьёв из глубины муравейника, приходится вытягивать язык, и он становится тонким и длинным, а перепонки между пальцами ног у водоплавающей птицы возникают из-за постоянного раздвигания пальцев и растягивания кожи во время

плавания. Примером исчезновения органов в результате неупражнения является редукция глаз у крота.

Закон наследования благоприобретённых признаков: *под действием постоянных упражнений и неупражнений органы изменяются, и возникшие изменения наследуются.* По мнению Ламарка, вытянувшаяся в течение жизни шея жирафа будет передана следующему поколению, которое родится уже с более длинной шеей. Открытие в XX в. материальной основы наследственности – ДНК – окончательно опровергло возможность наследования благоприобретённых признаков.

> Для того чтобы доказать, что признаки, приобретённые в течение жизни, не передаются по наследству, известный исследователь Август Вейсман отрезал хвосты подопытным мышам на протяжении 22 поколений. Однако никакого укорочения хвостов у потомков не произошло.

Значение теории Ламарка. Учение Ламарка стало первой целостной эволюционной теорией. Учёный определил предпосылки эволюции (изменчивость и наследственность) и указал направление эволюции (усложнение организации). Однако, правильно оценив развитие природы от простого к сложному, Ламарк не смог вскрыть причины эволюции. Созданная теория не могла объяснить многие существующие явления, такие как наследование нефункционирующих признаков (например, рудиментарные органы), появление мимикрии или покровительственной окраски.

Эволюционные идеи Ламарка не нашли поддержки у современников и подверглись критике со стороны многих учёных, одним из которых был Жорж Кювье – основоположник сравнительной анатомии и палеонтологии.

> Ж. Б. Ламарк преподнёс свою книгу «Философия зоологии» в подарок французскому императору Наполеону Бонапарту, но тот так резко отозвался об этом труде, что пожилой учёный не смог удержаться от слёз.
>
> Скончался Ламарк в бедности и безвестности, дожив до 85 лет. До его последнего часа с ним оставалась дочь Корнелия, писавшая под диктовку ослепшего отца.
>
> В 1909 г., в столетнюю годовщину выхода в свет «Философии зоологии», в Париже был открыт памятник Ламарку. На одном из барельефов памятника изображён Ламарк в старости. Он сидит в кресле, а его дочь, стоя

рядом, говорит ему: «Потомство будет восхищаться Вами, отец, оно отомстит за Вас».

Теория катастроф Ж. Кювье. Европейские учёные достаточно часто находили ископаемые остатки каких-то животных и растений, совсем не похожие на современные. Предположение о том, что некогда существовали какие-то другие, ныне вымершие существа, шло вразрез с господствующей тогда теорией креационизма (вечности жизни и неизменности существования видов). Ж. Кювье собрал множество таких находок, описал их, систематизировал и установил, что в более древних геологических отложениях находятся только остатки моллюсков и рыб, в более поздних появляются рептилии, а ещё позднее – млекопитающие. Для того чтобы объяснить исчезновение видов, Кювье выдвинул теорию катастроф. Согласно этой теории, в результате стихийных бедствий на значительной части земного шара погибали все растения и животные, а затем на их место переселялись уцелевшие на других территориях и никак не связанные с предыдущими организмы. Ученики Кювье позже развили эту теорию. Они предположили, что после катастроф, в которых гибло всё живое планеты, совершались новые акты божественного творения. В течение нескольких десятилетий теория катастроф имела широкое научное признание, но прошло время, и большинство учёных предпочли ей эволюционную теорию Дарвина.

Вопросы для повторения и задания

1. Какой вклад в биологию внёс Ж. Б. Ламарк? Изложите основные положения его эволюционной теории.
2. Охарактеризуйте верные и ошибочные положения теории эволюции Ж. Б. Ламарка.
3. Могут ли наследоваться признаки, приобретённые в течение жизни организма?
4. Как объяснял Ж. Кювье палеонтологические данные о смене форм животных на Земле? Изложите его теорию катастроф.

Подумайте! Выполните!

1. Как вы считаете, почему главный труд К. Линнея назывался «Система природы», а Ж. Б. Ламарка – «Философия зоологии»?
2. Можно ли экспериментально проверить и, следовательно, доказать или опровергнуть утверждения Ж. Б. Ламарка?

3. Оцените значимость работ Ж. Кювье для дальнейшего развития науки.

4. Сравните градации Ламарка (см. рис. 4) и «лестницу существ» Аристотеля (см. рис. 2). В чём их сходство и отличия?

Работа с компьютером

Обратитесь к электронному приложению. Изучите материал и выполните задания.

3. Предпосылки возникновения учения Чарлза Дарвина

Вспомните!

Кто был автором первой эволюционной теории?

Какие биологические открытия были сделаны к середине XIX в.?

Естественно-научные предпосылки. К середине XIX в. в естествознании было сделано много новых открытий. Иммануил Кант создал теорию о происхождении космических тел естественным путём, а не в результате божественного творения. Французский учёный Пьер Симон Лаплас в работе «Изложение системы мира» математически обосновал теорию И. Канта. В 1824 г. химики впервые синтезировали органические вещества, доказав, что их образование происходит без участия «высших сил». Йенс Берцелиус показал единство элементного состава живой и неживой природы. В 1839 г. Т. Шванн и М. Шлейден создали клеточную теорию, которая постулировала, что все живые организмы состоят из клеток, общие черты которых одинаковы у всех растений и животных. Это было весомым доказательством единства происхождения живого мира.

К. М. Бэр показал, что развитие всех организмов начинается с яйцеклетки. При этом у всех позвоночных наблюдаются общие черты эмбрионального развития: на ранних этапах обнаруживается удивительное сходство в строении зародышей, принадлежащих к разным классам.

Возникла палеонтология (от греч. palaios – древний, ontos – сущее, logos – слово, учение) – наука о вымерших растениях и животных, сохранившихся в виде ископаемых остатков, отпечатков и следов их жизнедеятельности; о смене их в процессе развития жизни на Земле (рис. 5).

Исследуя строение позвоночных животных, Ж. Кювье установил, что все органы животного являются частями одной целостной системы. Строение каждого органа отвечает принципу строения всего организма, и изменение одной части тела должно вызывать изменение других частей. Не могут копыта и сложный многокамерный желудок принадлежать хищнику, а когти и острые клыки – травоядному. Соответствие строения органов друг другу Кювье назвал *принципом корреляции.*

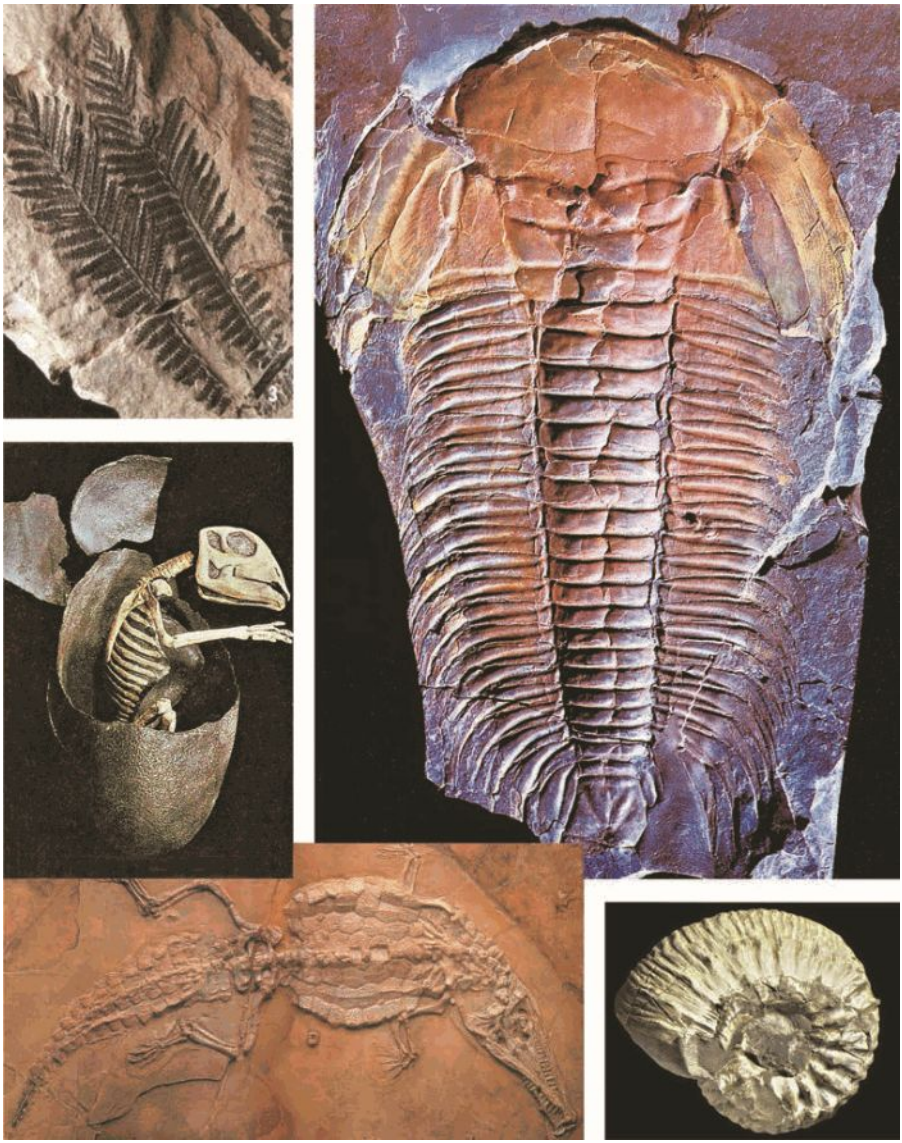


Рис. 5. Древние окаменелости

Занимаясь систематикой, Ж. Кювье изучал типы строения животных. Сравнивая анатомическое строение различных живых организмов, он обнаружил их большое внутреннее сходство при внешнем разнообразии. Оказалось, например, что конечности всех наземных позвоночных состоят из одних и тех же отделов (рис. 6). Такое сходство в строении животных указывало на их возможное родство и общее происхождение.

Английский геолог Чарлз Лайель опроверг теорию катастроф Ж. Кювье и доказал, что поверхность земли изменяется постепенно под действием самых обычных природных факторов:

ветра, дождя, прибоя, извержения вулканов и др.

Факты и открытия в самых разных областях естествознания противоречили теории о божественном происхождении и неизменности существования природы. Но не только в научной среде зрели предпосылки для возникновения новой эволюционной теории.

Социально-экономические предпосылки. Развитие капитализма и резкий рост городского населения в развитых странах требовали быстрого развития сельского хозяйства. В самой передовой стране того времени – Англии успешно развивались промышленное животноводство и растениеводство. За короткий срок были созданы новые породы овец, свиней, выведены высокоурожайные сорта культурных растений; разработаны методы селекции, которые позволяли максимально быстро изменять в нужном направлении породы животных и сорта растений. Результаты этой работы противоречили догматам церкви о неизменности видов.

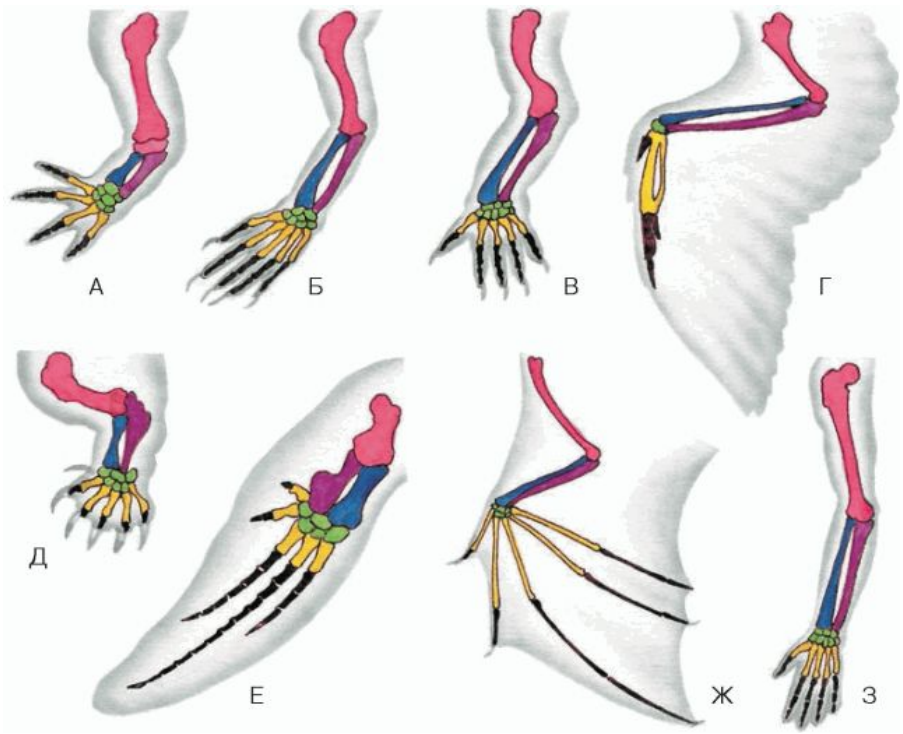


Рис. 6. Гомология передних конечностей позвоночных: А – лягушка; Б – ящерица; В – крокодил; Г – птица; Д – крот; Е – кит; Ж – летучая мышь; З – человек

Расширение торговли, налаживание связей с другими странами, освоение новых территорий позволили собрать

огромные коллекции, которые являлись дополнительным материалом для переосмысления законов развития природы.

Ещё в конце XVIII в. известный экономист Адам Смит создал учение, согласно которому устранение неприспособленных особей происходит в процессе свободной конкуренции.

Огромное влияние на развитие эволюционных идей в обществе оказал труд экономиста Томаса Мальтуса «Опыт о законе народонаселения». Впервые введя выражение «борьба за существование», Мальтус объяснял, что человеку, как и всем другим организмам, свойственно стремление к безграничному размножению. Однако нехватка ресурсов ограничивает рост численности человечества, приводя к нищете, голоду и болезням.

К середине XIX в. взгляды креационистов уже резко противоречили всему ходу развития науки и практики. Многие учёные поддерживали и пропагандировали идеи эволюционного развития. Находили своих сторонников идеи эволюции и в России.

В XVIII в. развивал материалистические идеи о единстве и развитии мира философ-демократ Александр Николаевич Радищев. Изучая домашних и диких животных, Афанасий Каверзнев объяснял многообразие животного мира существованием изменчивости.

Александр Иванович Герцен высказывал предположение, что психическая деятельность людей не является божественным знаком, а представляет собой логический итог постепенного развития нервной деятельности у животных.

Труды российского естествоиспытателя Карла Францевича Рулье заложили основы эволюционной палеонтологии. Учёный выдвинул положение о том, что изменения животных обусловлены двумя причинами: особенностями самого организма (наследственностью) и влиянием внешних факторов.

Назревала насущная необходимость создания эволюционной теории, которая бы ответила на все накопившиеся в обществе вопросы и объяснила, какие механизмы лежат в основе развития природы от простого к сложному; почему появляются одни и вымирают другие виды; чем обусловлена целесообразность возникающих приспособлений.

Вопросы для повторения и задания

1. Какие данные геологии послужили предпосылкой эволюционной теории Ч. Дарвина?
2. Назовите открытия в биологии, способствовавшие формированию эволюционных взглядов Ч. Дарвина.
3. Охарактеризуйте естественно-научные

предпосылки формирования эволюционных взглядов Ч. Дарвина.

4. В чём сущность принципа корреляции Ж. Кювье? Приведите примеры.

5. Какую роль в формировании эволюционной теории сыграло развитие сельского хозяйства?

Подумайте! Выполните!

1. Объясните, почему именно в XIX в. стало возможно создание и обоснование эволюционного учения.

2. Рассмотрите рисунок 5. Отпечатки и ископаемые остатки каких организмов на нём представлены?

3. Используя дополнительную литературу и ресурсы Интернета, подготовьте сообщение или презентацию об эволюционных идеях в российской науке в XVIII–XIX вв.

Работа с компьютером

Обратитесь к электронному приложению. Изучите материал и выполните задания.

4. Эволюционная теория Чарлза Дарвина

Вспомните!
Какие виды изменчивости вам известны?
Что такое искусственный отбор?

Основной труд Ч. Дарвина, в котором была изложена теория эволюции, называется «Происхождение видов путём естественного отбора, или Сохранение благоприятствуемых пород в борьбе за жизнь»; он был опубликован в 1859 г. В первый же день был раскуплен весь тираж, огромный по тем временам – 1250 экземпляров. Появлению этой работы предшествовали почти 30 лет научных поисков и размышлений.

Участие в экспедиции. В 1831 г. Дарвину предложили совершить пятилетнее кругосветное плавание на военном корабле «Бигль» в качестве натуралиста. Молодой исследователь получил возможность изучать природу самых отдалённых уголков земного шара (рис. 7).

В Южной Америке Дарвин нашёл ископаемые остатки гигантских ленивцев и броненосцев. Современные виды этих животных, обитающие в тех же местах, были очень похожи на вымерших, что навело Дарвина на мысль о возможном родстве этих организмов (рис. 8).

На Галапагосских вулканических островах Дарвин обнаружил разнообразные виды вьюрков, которые отличались по размеру и строению клюва, но были очень похожи на материковый вид (рис. 9). Дарвин предположил, что когда-то птицы попали на острова с материка и видоизменились, приспособившись к разным источникам питания (твёрдые семена, фрукты, насекомые).

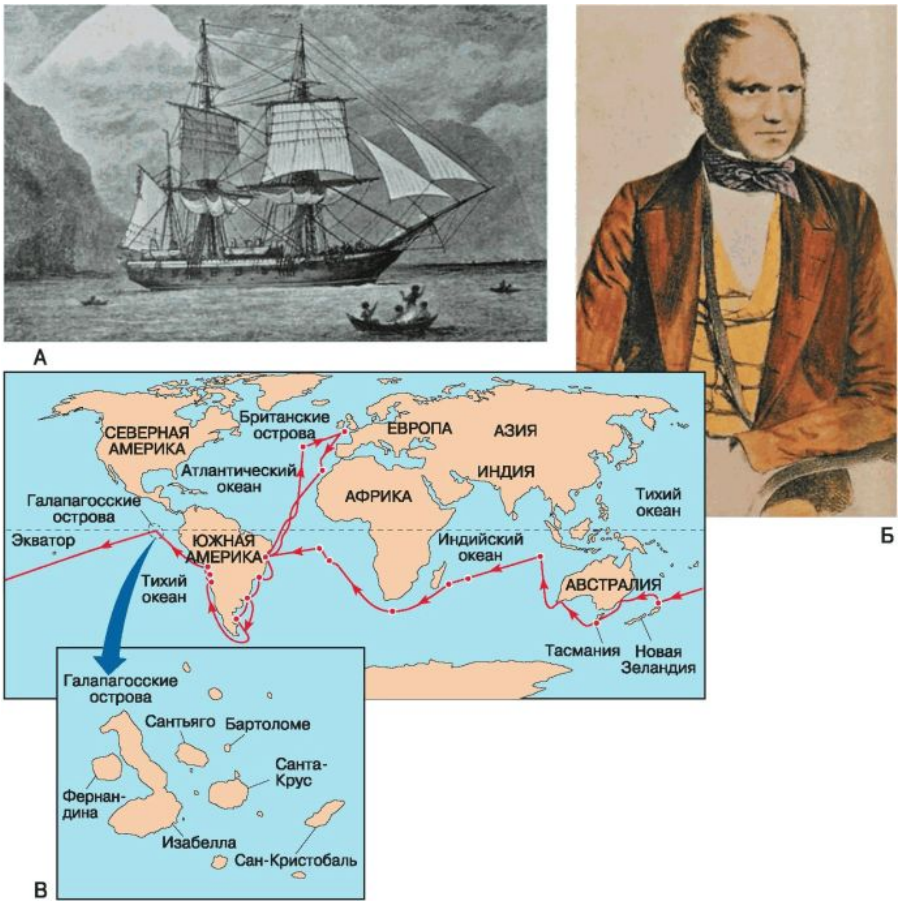


Рис. 7. Путешествие Ч. Дарвина: А – корабль «Бигль»; Б – портрет Ч. Дарвина; В – маршрут экспедиции

Рис. 8. Скелеты ленивцев Южной Америки (справа – современный вид, слева – ископаемый)

В Австралии учёного поразила удивительная древняя фауна: сумчатые и яйцекладущие млекопитающие, которые давно вымерли в других местах земного шара.

Путешествие сыграло определяющую роль в формировании научных взглядов Дарвина. Поднявшись на корабль сторонником неизменности живой природы, пять лет спустя при возвращении домой Дарвин был убеждён, что виды способны изменяться и давать начало другим видам.

Учение Ч. Дарвина об искусственном отборе. Данные, собранные Дарвином в экспедиции и накопленные в научных изысканиях его современниками, указывали на существование изменяемости живого мира. Однако механизмы этих изменений оставались неизвестными.

Вернувшись в Англию, Дарвин продолжил свои научные исследования. Он обратил внимание на существование двух противоположных явлений: наследственности и изменчивости. В те времена ещё было неизвестно, какова природа этих двух свойств живых организмов, но Дарвин абсолютно верно понял, что именно наследственность и изменчивость лежат в основе эволюционных преобразований. Дарвин различал определённую и неопределённую изменчивость.

Определённая, или *групповая, изменчивость* возникает под влиянием факторов внешней среды и у всех особей проявляется

одинаково. Например, при улучшении качества кормов коровы больше производят молока, а при внесении на поля удобрений урожай сельскохозяйственных культур становится гораздо выше. Однако эти изменения не передаются следующему поколению, и, для того чтобы получить высокий урожай на следующий год, поля снова надо удобрять. В настоящее время эту форму изменчивости обычно называют ненаследственной или фенотипической (см. § 30, 10 класс).

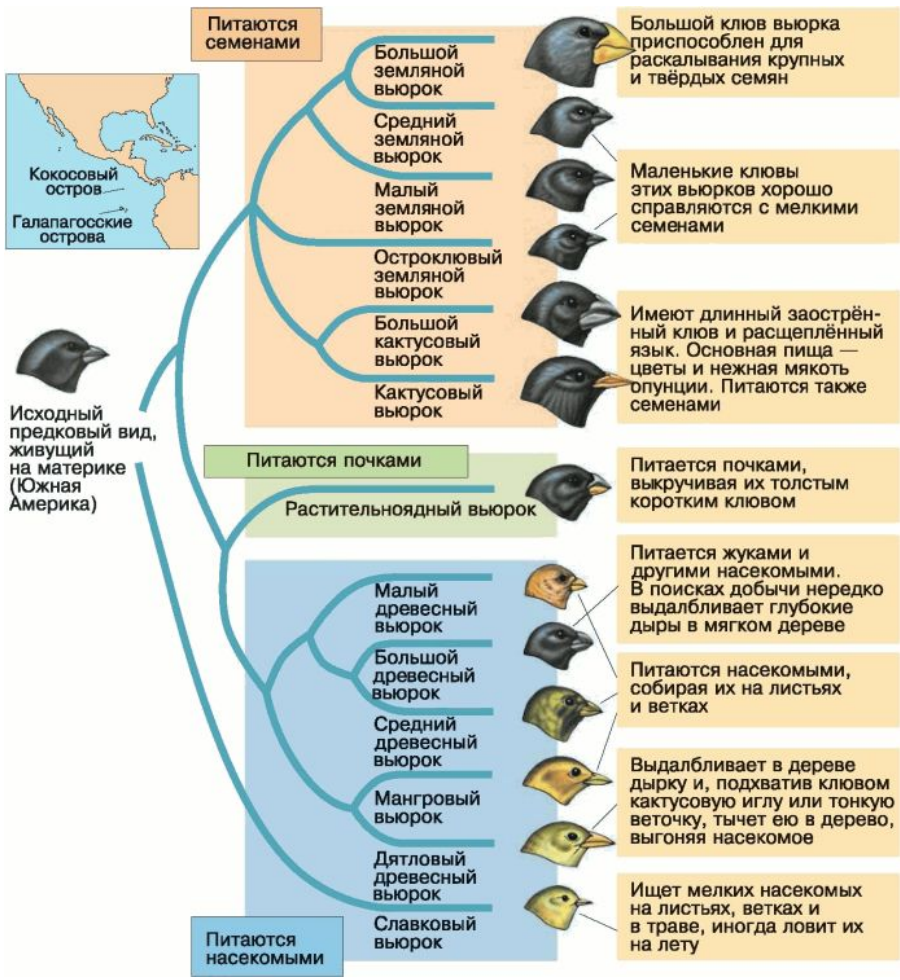

Питаются семенами
Большой земляной вьюрок
Средний земляной вьюрок
Малый земляной вьюрок
Остроклювый земляной вьюрок
Большой кактусовый вьюрок
Кактусовый вьюрок
Большой клюв вьюрка приспособлен для раскалывания крупных и твёрдых семян
Маленькие клювы этих вьюрков хорошо справляются с мелкими семенами
Имеют длинный заострённый клюв и расщеплённый язык. Основная пища — цветы и нежная мякоть опунции. Питаются также семенами
Кокосовый остров
Галапагосские острова
Исходный предковый вид, живущий на материке (Южная Америка)
Питаются почками
Растительноядный вьюрок
Питается почками, выкручивая их толстым коротким клювом
Малый древесный вьюрок
Большой древесный вьюрок
Средний древесный вьюрок
Мангровый вьюрок
Дятловый древесный вьюрок
Славковый вьюрок
Питается жуками и другими насекомыми. В поисках добычи нередко выдалбливает глубокие дыры в мягком дереве
Питаются насекомыми, собирая их на листьях и ветках
Выдалбливает в дереве дырку и, подхватив клювом кактусовую иглу или тонкую веточку, тычет ею в дерево, выгоняя насекомое
Ищет мелких насекомых на листьях, ветках и в траве, иногда ловит их на лету
Питаются насекомыми

Рис. 9. Виды вьюрков, обитающие на Галапагосских островах

Гораздо больше Дарвина заинтересовала другая форма изменчивости – *неопределённая,* или *индивидуальная.* Неопределённая изменчивость – это появление у отдельной особи нового проявления признака, которого не было у предковых форм. Дарвин считал, что именно неопределённая изменчивость обеспечивает возникновение новых видов, потому что она

передаётся по наследству. В современной биологии известно, что основной причиной наследственной изменчивости являются мутации (см. § 30, 10 класс).

Именно эту форму изменчивости использовали английские селекционеры при создании новых пород животных. К тому времени в Англии было выведено более 150 пород голубей, множество пород собак, кур, крупного рогатого скота и т. д. Сторонники неизменности видов утверждали, что каждая порода имеет своего дикого предка. Дарвин доказал, что это не так. Все породы кур происходят от дикой банкивской курицы, породы крупного рогатого скота – от диких туров, а всё удивительное разнообразие голубей – от дикого скалистого голубя (рис. 10).

Разводя домашних животных и культурные растения, английские фермеры искали среди потомства тех особей, у которых нужный признак был выражен наиболее ярко. Отобранные экземпляры скрещивали между собой и из организмов следующего поколения вновь отбирали те формы, у которых нужный человеку признак был выражен лучше всего. От одной исходной формы одновременно можно было получить множество разных сортов или пород, если вести отбор по разным признакам. Следовательно, при выведении новых сортов и пород человек использовал искусственный отбор.

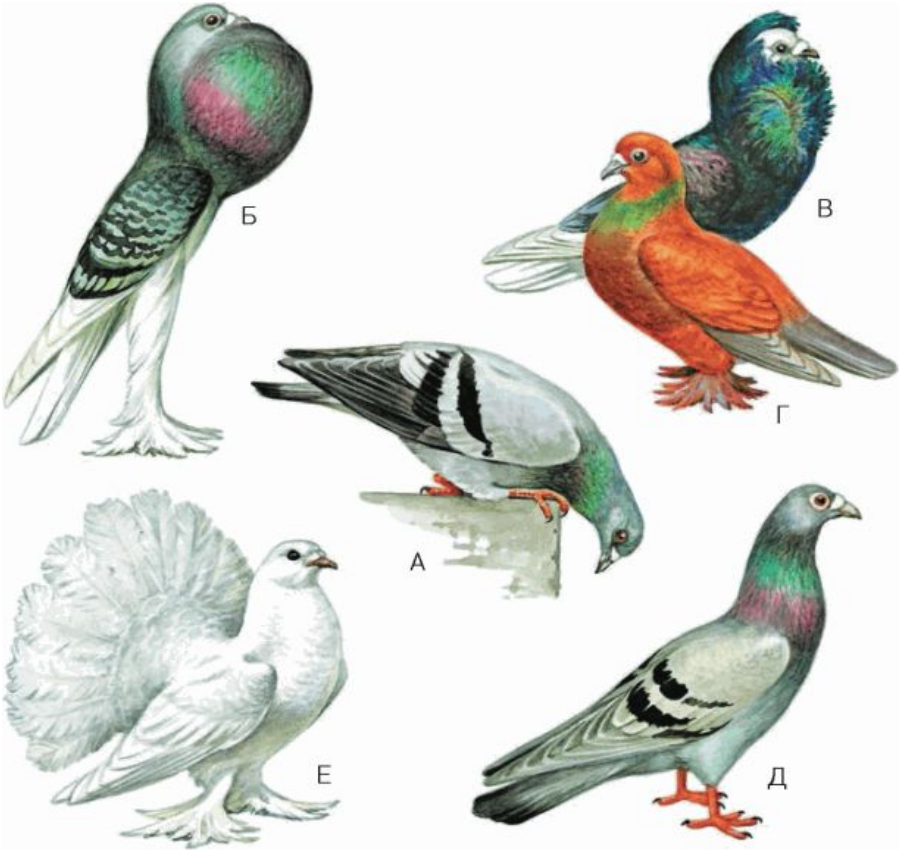


Рис. 10. Породы голубя: А – дикий голубь; Б – дутыш; В – якобинец: Г – турман; Д – почтовый голубь; Е – павлиний голубь

Искусственным отбором называют *процесс создания новых пород животных и сортов растений путём систематического сохранения и размножения особей с определёнными, ценными для человека признаками и свойствами в ряди поколений.*

Иногда к возникновению породы приводит одиночная крупная мутация. Так появилась анконская порода коротконогих овец, такса, утка с кривым клювом, а в 2004 г. в США была обнаружена кошка с укороченными лапками, которая дала начало новой породе.

Искусственный отбор осуществлялся человеком во все времена, но в древности он был *бессознательным.* Наши далёкие предки оставляли лучших животных или сохраняли для посева лучшие семена, исходя из практического опыта, не ставя перед собой определённой цели. Если же селекционер ставит перед

собой конкретную задачу и ведёт отбор по одному (двум) признакам, такой отбор называют *методическим.*

Учение Ч. Дарвина о естественном отборе. В искусственных условиях фактором, отбирающим тот или иной организм, является человек. Дарвин считал, что, если бы ему удалось обнаружить в природе аналогично действующий фактор, проблема происхождения видов была бы решена.

Под впечатлением от прочитанной работы Т. Мальтуса о стремлении организмов к безграничному размножению Дарвин проанализировал закономерности размножения различных организмов. За 750 лет потомство одной пары слонов, самых медленно размножающихся животных, может составить 19 млн особей. Устрица откладывает 1 млн яиц за сезон, а известный всем гриб-дождевик производит 700 млрд спор, и тем не менее земной шар не покрывается устрицами и грибами. Несмотря на то что особи стремятся к размножению в геометрической прогрессии, количество взрослых особей каждого вида остаётся приблизительно постоянным. Иными словами, большая часть потомков гибнет в ***борьбе за существование,*** не достигнув половой зрелости.

Дарвин выделил три формы борьбы за существование: межвидовую, внутривидовую и борьбу с неблагоприятными факторами внешней среды (рис. 11).

Межвидовая борьба – это взаимоотношения между особями разных видов. Они могут быть очень острыми (хищники поедают травоядных животных, травоядные съедают и вытаптывают растительность, паразиты заражают хозяина) или приносить пользу обоим видам, увеличивая их шанс на выживание (птицы питаются семенами и одновременно их распространяют).

Внутривидовая борьба происходит между особями одного вида. Эта борьба носит наиболее острый характер, потому что организмы, принадлежащие к одному и тому же виду, имеют сходные потребности. У животных эта борьба проявляется в конкуренции за пищу и территорию, у многих растений – в затенении других особей за счёт более быстрого роста. Самцы многих видов в период размножения вступают в борьбу за право создать семью. Брачные турниры приводят к половому отбору, когда потомство оставляет более сильный самец, а слабые или больные исключаются из процесса размножения, и их гены не передаются потомкам.

Рис. 11. Борьба за существование

Борьба с неблагоприятными факторами внешней среды имеет большое значение в выживании организмов. В засушливое лето гибнут многие растения, наводнение уносит жизни многих животных, не все организмы могут пережить морозную зиму.

В борьбе за существование одни особи успешно справляются с этой задачей, другие не могут оставить потомства или гибнут. Как правило, оставляют потомство в основном организмы с полезными для данных условий обитания признаками. Результатом борьбы за существование является естественный отбор.

Процесс выживания и размножения наиболее приспособленных особей Дарвин назвал естественным отбором, главной движущей силой, направляющей эволюционный процесс. Материалом для этого отбора служит наследственная изменчивость. В процессе естественного отбора происходит постепенное накопление полезных для группы организмов

изменений, что приводит к формированию нового вида.

Значение теории Дарвина. Дарвин не был первым учёным, создавшим теорию эволюции. Его заслуга состоит в том, что он впервые научно объяснил механизмы эволюции вообще и видообразования в частности. Основными факторами эволюции Дарвин считал наследственную изменчивость, борьбу за существование и естественный отбор.

> Дарвин иллюстрировал свою точку зрения на том же примере, который использовал в своё время Ж. Б. Ламарк для объяснения своей теории эволюции, – на жирафе. Дарвин предположил, что в некой предковой популяции жирафов отдельные особи слегка различались по длине шеи и ног. Это предположение вполне правомочно, потому что двух одинаковых особей не бывает ни в одной популяции. В периоды нехватки корма в саванне животные разного роста вынуждены были вступать в конкуренцию за листву деревьев (внутривидовая борьба за существование). Более высокие животные могли дотянуться до листьев, растущих на верхних ветвях и недоступных низкорослым особям. Поэтому жирафы низкого роста погибали, а вместе с ними из популяции исчезали и такие признаки, как короткие ноги и шея. Длинная шея и длинные ноги современного жирафа – результат преимущественного выживания из поколения в поколение и размножения более высоких особей.

Учение Дарвина служит естественно-научной основой для материалистического объяснения целесообразности строения живых организмов, происхождения и многообразия видов и является одним из крупнейших достижений естествознания XIX в.

> Одновременно с Ч. Дарвином к тем же выводам о механизмах эволюции пришёл другой естествоиспытатель – Алфред Рассел Уоллес. В июле 1858 г. Дарвин и Уоллес вместе выступили с докладами о своих идеях на заседании Линнеевского общества в Лондоне. В дальнейшем Уоллес полностью признал приоритет Дарвина и ввёл термин «дарвинизм» для обозначения новой теории эволюции.

Теория эволюции, предложенная Дарвином, в дальнейшем была расширена и переработана в свете новых данных генетики, молекулярной биологии, палеонтологии, экологии и получила название *синтетической теории эволюции.*

Вопросы для повторения и задания

1. Какие наблюдения Ч. Дарвина поколебали его веру в неизменность видов?

2. Каковы причины возникновения групповой изменчивости?

3. Что такое искусственный отбор?

4. Каковы причины борьбы за существование в живой природе? Приведите примеры трёх форм борьбы за существование, которые вы наблюдали в природе.

5. Следствием каких взаимоотношений является естественный отбор?

6. Какова роль естественного отбора в эволюции?

7. Рассмотрите рисунок 11. Какие формы борьбы за существование он иллюстрирует? Аргументируйте свой ответ.

Подумайте! Выполните!

1. В самом первом русском переводе работы Ч. Дарвина вместо привычного сейчас слова «отбор» был использован термин «подбор» (что тоже является аналоговым словом для английского selection, использованного Ч. Дарвином). Почему же впоследствии оно было заменено? Выскажите своё мнение.

2. Самостоятельно выберите критерии и сравните теории Ж. Б. Ламарка и Ч. Дарвина.

Работа с компьютером

Обратитесь к электронному приложению. Изучите материал и выполните задания.

5. Вид: критерии и структура

Вспомните!

Какие уровни организации живой природы вам известны?

Что такое вид?

Какие другие систематические категории вам известны?

В основе эволюционной теории Ч. Дарвина лежит представление о виде. Что же такое вид и насколько реально его существование в природе?

Первое представление о виде было создано ещё Аристотелем, который определял вид как совокупность сходных особей. Сам термин «вид» (species) в переводе с латыни означает «образ». Это слово точно определяет тот основной критерий, который использовали исследователи вплоть до XIX в. при определении видовой принадлежности любого организма. Известный учёный К. Линней, создавший учение о виде, считал, что вид состоит из многих схожих особей, дающих плодовитое потомство.

В современной биологии ***видом*** называют *совокупность особей, обладающих сходными морфологическими и физиологическими признаками, способных к скрещиванию с образованием плодовитого потомства, населяющих определённый ареал (область обитания), имеющих общее происхождение и сходное поведение.*

Биологический вид – это не только основная таксономическая единица в биологической систематике. Это целостная структура живой природы, которая репродуктивно изолирована от других подобных структур и имеет свою собственную судьбу. Целостность этой системе придают, во-первых, процессы взаимодействия между отдельными особями. Взаимоотношения между организмами разных поколений, между родителями и детьми, самцами и самками, особенности территориального поведения – всё это определяет внутреннюю структуру вида. Не всегда видовые признаки обеспечивают выживание отдельной особи, но они всегда благоприятны для вида в целом. Например, пчела, потерявшая жало, погибнет, но при этом защитит остальных особей.

Вторая причина сохранения единства и целостности вида – это репродуктивная изоляция, т. е. невозможность скрещивания с особями другого вида. Так осуществляется защита *генофонда вида* (всей совокупности генов вида) от притока чужеродной генетической информации. Существуют различные факторы, препятствующие межвидовому скрещиванию. Например, в

Калифорнии растут два близких вида сосны. У одного из них пыльца высыпается в начале февраля, а у другого – в апреле, поэтому между этими видами существует сезонная изоляция. У высших животных брачное поведение имеет характерные видовые особенности, поэтому самки одного вида не реагируют на ухаживание самцов другого близкого вида – это пример поведенческой изоляции (рис. 12).

Наличие репродуктивной изоляции в природных условиях является решающим фактором в определении вида как генетически закрытой биологической системы.

Характерные признаки и свойства, которыми одни виды отличаются от других, называют критериями вида.

Критерии вида. Существует несколько основных критериев вида.

Морфологический критерий заключается в сходстве внешнего и внутреннего строения организмов. Долгое время этот критерий был главным, а порой единственным. С его помощью легко определяются особи неблизких видов. Различить кошку и мышь сможет даже маленький ребёнок, мышь и крысу – любой взрослый человек, а вот отличить домовую и малую мышь сможет только специалист. Существуют специальные определители, которые основаны на морфологических особенностях организации. Однако внутри вида всегда существует структурная изменчивость между разными особями, поэтому порой бывает достаточно сложно определить вид конкретной особи.

Генетический критерий. Иногда среди очень похожих особей обнаруживаются группы, которые не скрещиваются друг с другом. Это так называемые виды-двойники, которые встречаются практически во всех крупных систематических группах и отличаются друг от друга числом хромосом. Например, среди насекомых существуют два широко распространённых вида наездников, которые до последнего времени рассматривались как единый вид (рис. 13).

Рис. 12. Разные типы брачного поведения двух близких видов чаек

А

Б

В

Рис. 13. Виды-двойники. Насекомые наездники (А, Б), имеющие разные кариотипы (В): 2n = 10 и 2n = 14

Каждый вид имеет определённый набор хромосом – кариотип, который отличается числом хромосом, их формой, размерами, строением. Различное число хромосом в кариотипе разных видов и видовые отличия геномов обеспечивают генетическую изоляцию при межвидовом скрещивании, потому что вызывают гибель гамет, зигот, эмбрионов или приводят к рождению бесплодного потомства (лошак – гибрид коня и ослицы). Именно использование генетического критерия

позволяет надёжно различать виды-двойники.

Физиологический критерий отражает сходство всех процессов жизнедеятельности у особей одного вида: одинаковые способы питания, размножения, сходные реакции на внешние раздражители, одинаковые биологические ритмы (периоды спячки или миграции). Например, у двух близких видов плодовой мушки-дрозофилы половая активность наблюдается в разное время суток: у одного вида – по утрам, у другого – в вечерние часы.

Биохимический критерий определяется сходством или различием строения белков, химического состава клеток и тканей. Например, отдельные виды низших грибов отличаются друг от друга способностью синтезировать разные биологически активные вещества.

Экологический критерий характеризуется определёнными формами взаимоотношений организмов данного вида с представителями других видов и факторами неживой природы, т. е. теми условиями, в которых этот вид встречается в природе. В Техасе близкие виды дуба растут на разных почвах: один вид встречается только на известняковой почве, другой – на песчаной, а третий растёт на выходах магматических пород.

Географический критерий определяет область распространения, т. е. *ареал,* вида. У разных видов размер ареалов сильно отличается. Виды, занимающие обширные площади и встречающиеся повсеместно, называют *космополитами,* а обитающие на небольших территориях и не встречающиеся в других местах, – *эндемиками.*

Таким образом, для определения видовой принадлежности организма необходимо использовать все критерии в совокупности, потому что отдельные критерии у разных видов могут совпадать.

Структура вида. Реально в природе особи любого вида внутри ареала распределены неравномерно: где-то они образуют скопления, а где-то могут вообще отсутствовать. Такие частично или полностью изолированные группировки особей одного вида называют популяциями (от лат. populus – народ, население), т. е. в естественных условиях любой вид состоит из совокупности популяций.

Популяция *– это совокупность особей одного вида, в течение достаточно длительного времени (большого числа поколений) населяющих определённую территорию внутри ареала вида, свободно скрещивающихся между собой и частично или полностью изолированных от особей других подобных совокупностей.*

Именно популяция является *элементарной единицей эволюции.*

Вопросы для повторения и задания

1. Дайте определение понятия «вид».

2. Расскажите, какие биологические механизмы препятствуют обмену генами между видами.

3. В чём причина бесплодия межвидовых гибридов? Объясните это явление, используя свои знания о механизме мейоза.

4. Какие критерии используют учёные для характеристики вида? Какие критерии вы считаете наиболее важными при определении вида?

5. Что такое ареал вида?

6. Охарактеризуйте по основным критериям вид Кошка домашняя.

7. Дайте определение понятия «популяция».

Подумайте! Выполните!

1. Почему один вид от другого можно отличить только по совокупности разнообразных критериев? Какие критерии вам кажутся наиболее важными?

2. Известны ли вам примеры, когда формулировка «вид как генетически закрытая система» оказывалась не верна? (Вспомните материал о селекции из курса 10 класса.)

3. Проведите исследование. Выясните, какие виды, обитающие в вашей местности, являются эндемиками, а какие – космополитами. Подготовьте отчёт о проделанной работе в виде стенда.

4. Как вы считаете, можно ли слова «популяция» и «популярный» считать однокоренными? Объясните свою точку зрения.

5. Приведите доказательства, свидетельствующие о том, что виды объективно существуют в природе.

Работа с компьютером

Обратитесь к электронному приложению. Изучите материал и выполните задания.

6. Популяция как структурная единица вида

Вспомните!

Что такое популяция?

Почему организмы большинства видов живут в природе группами?

Вид представляет собой сложную систему внутривидовых групп, складывающуюся в процессе эволюции в определённых условиях. Наиболее распространённой внутривидовой структурной единицей является *популяция.* Внутри популяции можно выделить более мелкие подразделения: стаи, семьи, прайды, которые менее устойчивы и могут легко исчезать, сливаться и образовываться заново (рис. 14). В пределах ареала вида популяции распределены, как правило, неравномерно. Это связано с условиями существования: там, где они наиболее благоприятны, количество популяций и их численность выше. На границах видового ареала популяции, как правило, немногочисленны.

Каждая популяция имеет определённую структуру и характеризуется конкретными параметрами.

Ареал популяции. У разных видов ареалы популяций могут существенно отличаться по протяжённости. Популяции видов крупных животных имеют больший ареал, чем популяции мелких и малоподвижных животных. Примером больших непрерывных популяций могут служить злаки, растущие на равнинах и покрывающие площади шириной в десятки и сотни километров. Ареал популяции – непостоянная величина, он может расширяться или сокращаться, например в результате изменения численности особей.

Численность популяции и её динамика. Численность популяции может меняться с течением времени как в результате изменений условий внешней среды, колебаний смертности и рождаемости, так и вследствие миграции особей.

Измерить *общую численность* популяции бывает достаточно сложно, поэтому часто пользуются таким показателем, как *плотность популяции* – число особей, обитающих на единице площади или сосредоточенных в единице объёма (например, для водных животных). Плотность популяции очень сильно меняется в разные сезоны и годы. Такие колебания наиболее резко выражены в популяциях мелких организмов с короткими жизненными

циклами. Например, массовое размножение зелёных водорослей в летний период вызывает цветение воды. Более стабильны численность и плотность популяций у крупных организмов (например, у древесных растений).

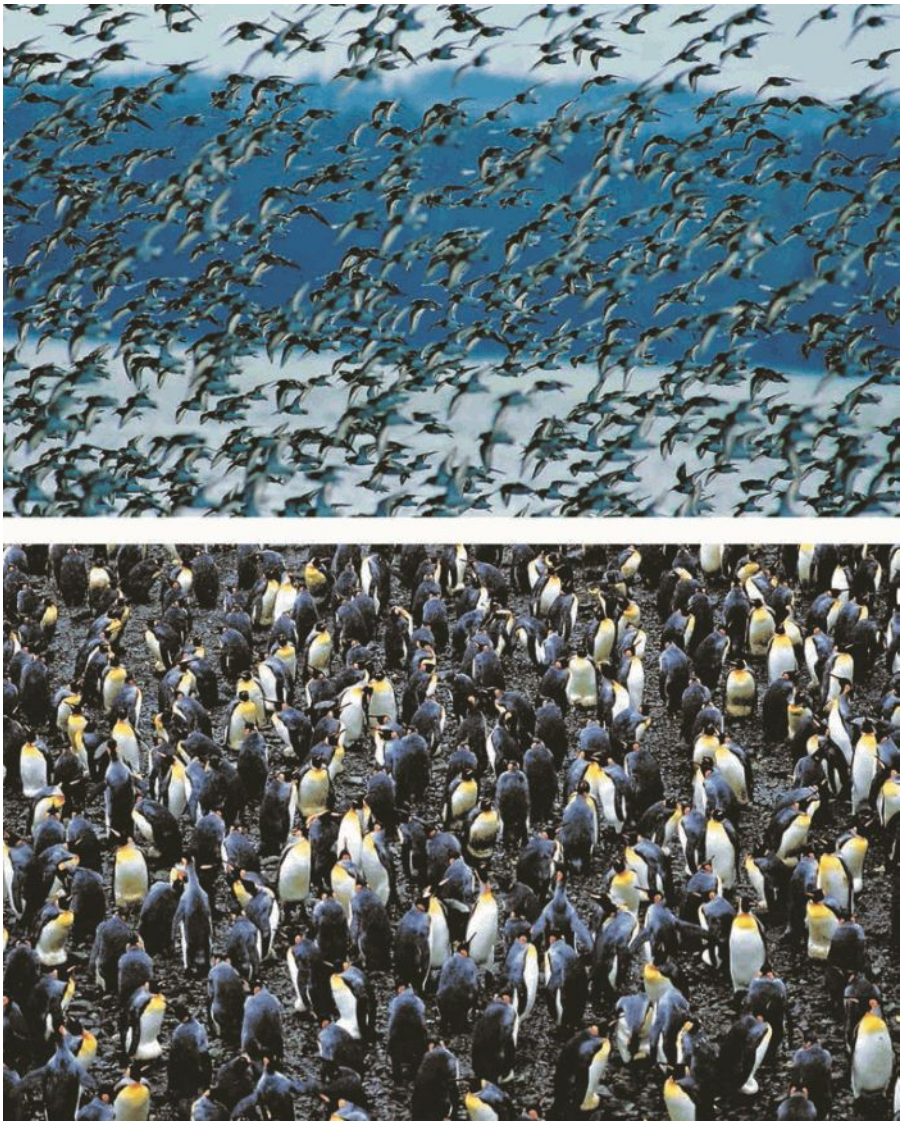


Рис. 14. Стаи птиц

Демографическими показателями популяции служат рождаемость и смертность.

Рождаемость – это число новых особей, появившихся в популяции в результате размножения за единицу времени. *Смертность* – число особей, погибших за определённый период

времени. Эти два фактора оказывают существенное влияние на число особей в популяции и зависят не только от биологических особенностей вида, но и от многих внешних причин. Сильное влияние на рождаемость оказывает перенаселение. При увеличении плотности популяции животные начинают испытывать стресс, который приводит к выбросу определённых гормонов. В результате увеличивается частота выкидышей, животные теряют способность к спариванию, у них меняется репродуктивное поведение, возрастает агрессивность, ослабевает забота о потомстве и, как следствие, уменьшается рождаемость.

При описании процессов, происходящих в популяциях, часто важно знать не общую численность особей, а количество организмов, способных к размножению. Для обозначения числа размножающихся особей используют понятие *эффективная численность.*

Обычно численность популяции из года в год сохраняется около среднего уровня. Однако в определённые, благоприятные для популяции годы её численность может резко возрасти. Известны вспышки массового размножения непарного шелкопряда, саранчи и многих других видов. В связи с высоким урожаем кормов возрастает численность популяций зайцев, белок, леммингов. Резко увеличивается число особей видов, попадающих в новые регионы, где у них отсутствуют естественные враги (кролики в Австралии, ондатра в Европе). Популяция может очень быстро достичь максимально возможной величины, если исчезнут виды, сдерживающие её рост. Так произошло с популяциями насекомых-вредителей в Китае после того, как там были уничтожены воробьи.

Если плотность популяции достигает или слишком высоких, или слишком низких значений, срабатывают определённые механизмы, восстанавливающие эту величину до оптимального для этого местообитания числа особей. Такую способность популяций к самоподдержанию называют *регуляцией численности.*

Существует множество механизмов регуляции численности, поэтому в природе редко происходят катастрофические колебания, которые подрывают ресурсы среды и приводят к гибели популяции.

Состав популяции. Каждую популяцию составляют особи, различающиеся по полу и возрасту.

Возрастная структура – соотношение в популяции особей разного возраста (рис. 15, 16). Этот показатель зависит от продолжительности жизни особей, времени достижения ими половой зрелости, интенсивности размножения, смертности и т. д. Возрастная структура популяции может изменяться под

действием внешних факторов, так как они контролируют и рождаемость, и смертность. Чем шире возрастной состав популяции, тем устойчивее она к действию внешних факторов. Знание возрастного состава популяции позволяет прогнозировать её развитие на несколько лет вперёд.

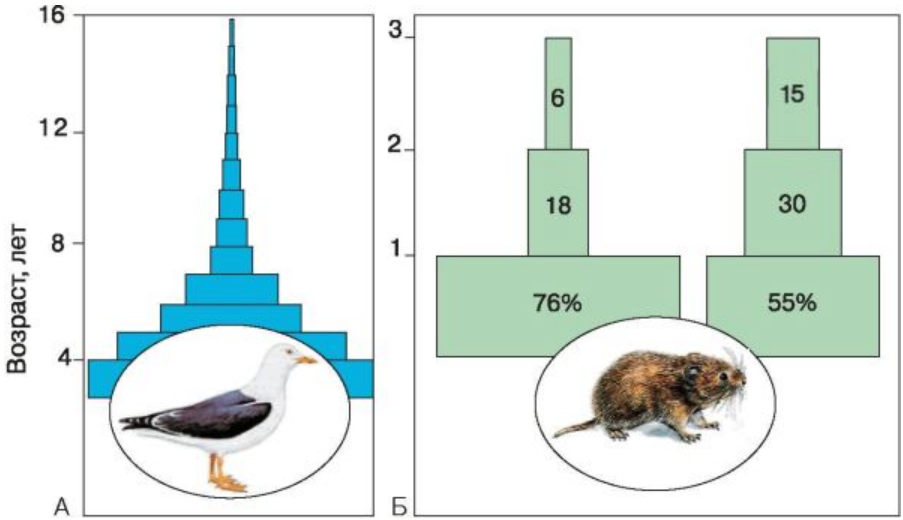


Рис. 15. По характеру пирамиды возрастов можно предсказать ближайшую судьбу конкретной популяции: А – возрастная пирамида популяции чаек; Б – возрастные пирамиды двух разных популяций полёвок

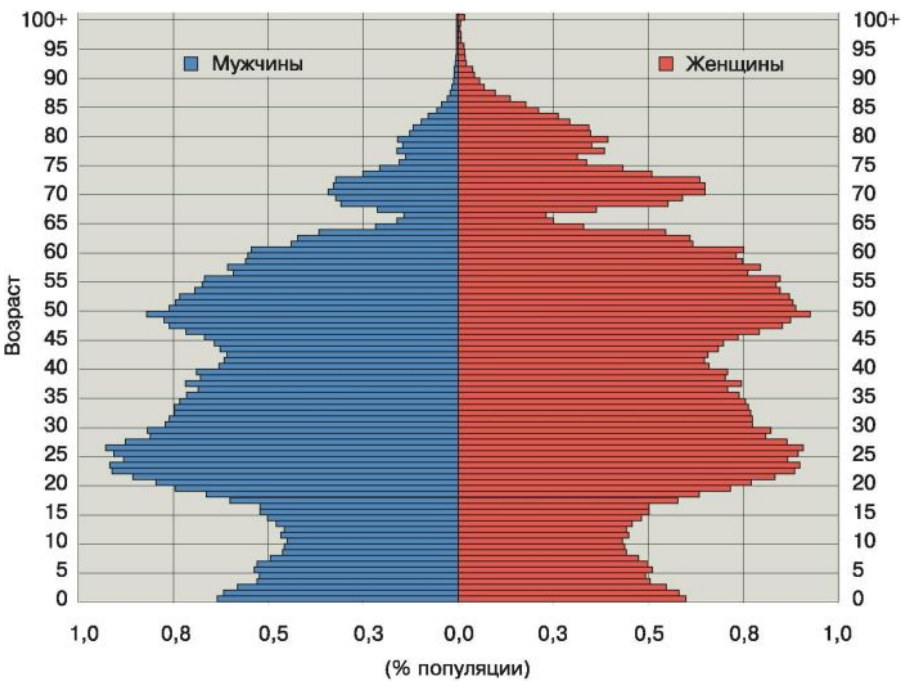


Рис. 16. Возрастно-половая пирамида населения России (данные 2009 г.).

Популяции, состоящие из множества следующих друг за другом поколений, имеют сложную возрастную структуру. В других популяциях возрастная структура может быть очень простой, например у однолетних растений, где все особи равновозрастны.

Половая структура – соотношение особей разного пола. В большинстве популяций в соответствии с генетическими закономерностями соотношение полов составляет 1:1. Однако в результате разной выживаемости особей мужского и женского пола на различных этапах индивидуального развития это соотношение может значительно меняться (см. рис. 16).

Половая структура популяций не определяется у животных-гермафродитов (например, дождевых червей). У некоторых видов, которые способны размножаться без оплодотворения (дафнии, тли и др.), популяции на определённых стадиях жизненного цикла представлены только самками. В таких популяциях эффективность размножения достигает максимальных значений.

Будучи целостной динамической структурой, существующей во времени и пространстве, *популяция является элементарной биологической частью вида, способной к эволюционным изменениям.*

Вопросы для повторения и задания

1. Какими параметрами характеризуется каждая популяция?
2. Объясните, почему нельзя изучить все признаки и свойства популяции или вида на примере одной особи.
3. При каких условиях численность популяции может быстро достичь максимально возможной величины?
4. От чего зависит возрастная структура популяции? Почему разновозрастные популяции менее чувствительны к внезапным изменениям условий?
5. У каких популяций не определяется половая структура?

Подумайте! Выполните!

1. Приведите примеры популяций растений и животных, которые вы встречали в природе. От чего зависит численность особей в этих популяциях?
2. Объясните, почему весенняя гибель большинства взрослых особей землероек-бурозубок повлечёт за собой

резкий и продолжительный спад численности популяции, в то время как полное уничтожение весной вылетевших майских жуков к подобному результату не приведёт.

3. В теории и практике лесоразведения существует два подхода. Оцените их. Первый – создание одновозрастных культур рядами, по типу пшеничного поля. Второй – создание разновозрастных культур со сложным пространственным расположением. Первый метод – менее трудоёмкий. Какой из них выбрали бы вы и почему?

4. Решите задачу. В одном из степных заповедников на площади в 200 га насчитывалось 296 особей сурков: 95 новорождённых, 39 годовалых, 40 двухлетних, 122 трехлетних и старше. Спустя два года на участке было 390 особей, и среди них 98 новорождённых, 66 годовалых, 62 двухгодовалых, остальные – старше. Изменилась ли возрастная структура популяции?

5. Рассмотрите рисунок 16. Какую информацию вы можете получить из приведённой пирамиды? Проанализируйте её и сделайте максимально возможное число выводов. Обсудите в классе полученные вами и вашими одноклассниками результаты. Объедините их и сделайте общее заключение.

Работа с компьютером

Обратитесь к электронному приложению. Изучите материал и выполните задания.

7. Популяция как единица эволюции

Вспомните!

Почему в природе биологические виды существуют в форме популяций?

Какие свойства могут характеризовать популяцию как группу организмов?

Элементарная единица эволюции. Процесс эволюции идёт в течение тысяч и миллионов лет, поэтому он не может затронуть отдельную особь. Несмотря на то что в течение жизни каждый организм претерпевает онтогенетические изменения, эволюционный процесс на уровне одного организма не происходит. Генетический материал особи остаётся неизменным.

Элементарная единица эволюции должна удовлетворять определённым требованиям, а именно:

– выступать во времени и пространстве как некое единство;

– быть способной формировать резерв наследственной изменчивости и наследственно изменяться во времени;

– реально существовать в определённых природных условиях в течение долгого времени, соизмеримого со сроками видообразования.

Отдельный организм не удовлетворяет этим требованиям. Точно так же эти условия не соответствуют виду в целом, потому что, как нам уже известно, вид не существует в пространстве как единое целое. В пределах ареала вида особи распределены неравномерно: либо они образуют разобщённые группы, либо их плотность заселения сильно отличается в различных частях местообитания.

Приведённым выше условиям полностью удовлетворяет популяция. Она реально существует в природе, представляет некое единое целое во времени и пространстве и способна наследственно изменяться во времени. *Популяция* и является ***элементарной единицей эволюции.***

Элементарное эволюционное явление. Популяция представляет собой совокупность организмов одного вида, каждый из которых обладает определённым генотипом. Совокупность генотипов всех особей популяции называют генофондом популяции.

Любая популяция гетерогенна (неоднородна) по своему генотипическому составу, т. е. в любой популяции генотипы особей отличаются друг от друга. Если условия окружающей среды достаточно постоянны в течение длительного времени,

генофонд популяции остается практически неизменным относительно некоего среднего уровня. Однако, если условия изменятся, преимущество получат только особи, обладающие определёнными свойствами и признаками, полезными для выживания в новых условиях. В результате полового размножения именно они смогут передать свои гены, а следовательно, признаки и свойства, следующему поколению. Действуя на фенотипы, естественный отбор будет оставлять определённые генотипы, что приведёт к направленному изменению генофонда популяции. Гены, отвечающие за более «выгодные» в данных условиях признаки, будут накапливаться из поколения в поколение, что приведёт к изменению частот встречаемости этих генов в генофонде популяции.

Таким образом, в течение времени генофонд популяции способен изменяться, что приводит к адаптивному (приспособительному) изменению организмов популяции. При этом ***эволюционным материалом*** являются *генотипически различные особи,* т. е. материал для эволюции поставляет наследственная изменчивость.

Направленное изменение генофонда популяции, приводящее к изменению организмов, – *это* ***элементарное эволюционное явление.***

> В условиях Крайнего Севера в популяции песца преимущество будут иметь особи, обладающие густым мехом (рис. 17). В морозные зимы в первую очередь будут погибать те животные, чей меховой покров недостаточно тёплый, соответственно они не смогут передать свои гены следующему поколению. Постепенно в генофонде популяции будут накапливаться гены, отвечающие за развитие густого и пышного зимнего наряда.
>
> В данном примере элементарной единицей эволюции является популяция песцов. Материалом для эволюции служат разнообразные животные, отличающиеся друг от друга густотой зимнего мехового покрова. Элементарным эволюционным явлением будет постепенное накопление в генофонде данной популяции аллелей, отвечающих за формирование наиболее тёплого и густого меха.

Условия, необходимые для осуществления эволюции. Итак, мы с вами определили, что элементарными эволюционными единицами являются популяции, элементарными эволюционными явлениями – изменения их генофондов, а материалом эволюции

служит разнообразие особей в популяции, закреплённое в их генотипах. Однако наличие популяции ещё не подразумевает существование эволюции – направленного изменения живых организмов.

Для того чтобы процесс эволюции был «запущен», необходимо давление на популяцию минимум трёх типов факторов.

Во-первых, нужны факторы, вызывающие изменения в генофонде популяции (*наследственная изменчивость,* поставляющая в популяцию новый эволюционный материал, и *популяционные волны,* формирующие различия между генофондами разных популяций).

Во-вторых, нужен фактор, который разделил бы одну исходную популяцию на две или более новых (*изоляция*). Наличие нескольких популяций одного и того же вида, разделённых изоляционными барьерами, позволяет каждой из них развиваться самостоятельно, что в дальнейшем может привести к формированию новых видов.

Наконец, необходимо наличие фактора, который бы направлял эволюционный процесс, обеспечивая закрепление в популяции определённых адаптаций и изменений живых организмов (*естественный отбор*).

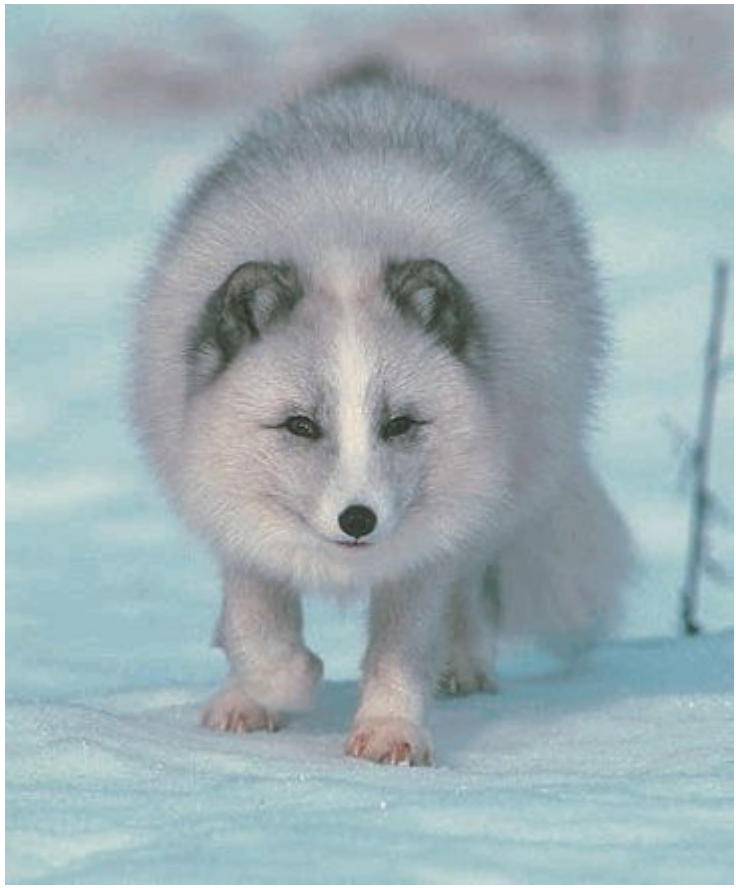


Рис. 17. Песец

Все эти факторы вместе должны оказывать определённое давление на популяцию, определяя её дальнейшую судьбу в структуре своего вида.

Вопросы для повторения и задания

1. Сформулируйте, какими качествами должна обладать элементарная единица эволюции.
2. Что такое генофонд популяции? Сравните понятия «генотип», «геном», «генофонд».
3. Кто поставляет материал для эволюции?
4. Что является элементарным эволюционным явлением?
5. Назовите условия, необходимые для осуществления эволюции. Докажите, что отсутствие хотя бы одного из этих условий станет препятствием для осуществления эволюции.

Подумайте! Выполните!

1. Будет ли происходить отбор в однородной популяции, например в популяции особей, вегетативно размножившихся от одного растения? Докажите свою точку зрения.

2. Объясните, почему ненаследственная изменчивость не способна поставлять в популяцию новый эволюционный материал.

Работа с компьютером

Обратитесь к электронному приложению. Изучите материал и выполните задания.

8. Факторы эволюции

Вспомните!

Какие существуют причины изменения численности особей в популяции?

В чём заключается роль мутаций в процессе эволюции?

Наследственная изменчивость. Фактором, который обеспечивает возникновение нового генетического материала в популяции и новых комбинаций этого материала, является наследственная, или генотипическая, изменчивость. Существует две формы такой изменчивости: комбинативная и мутационная (§ 30, 10 класс).

Мутации с определённой частотой возникают у всех живых организмов. Разные гены изменяются приблизительно с равной вероятностью, поэтому мутационные изменения затрагивают все признаки и свойства организмов, в том числе влияющие на жизнеспособность и размножение. Мутации возникают ненаправленно, не имеют приспособительного значения, т. е. обусловливают ту самую неопределённую наследственную изменчивость, о которой говорил Дарвин.

Доминантные мутации (*B*) проявляются в первом же поколении, и их дальнейшая судьба зависит от их значимости. Вредные мутации приведут к гибели организма или к снижению его жизнеспособности. Даже если особь не погибнет, у неё значительно снизится вероятность оставить потомство, т. е. естественный отбор довольно быстро удалит носителей таких мутаций из популяции. Нейтральные и полезные в данных природных условиях мутации сохранятся в следующих поколениях.

Однако гораздо чаще происходят рецессивные мутации (*b*), которые могут в течение длительного времени в скрытом виде передаваться из поколения в поколение. Носительство рецессивных мутаций (гетерозиготное состояние – *Bb*) в большинстве случаев не оказывает влияния на жизнеспособность особи, и, следовательно, отбор на таких особей действовать не будет. С течением времени, когда в популяции накопится достаточное число гетерозиготных особей, несущих такую мутацию, эти мутации могут перейти в гомозиготное состояние (*bb*). Дальнейшая судьба этих мутаций зависит от степени их значимости для организмов. Полезные признаки будут сохраняться в популяции, а обладатели вредных – удаляться с помощью естественного отбора.

Степень «полезности» мутации определяется теми условиями среды, в которых обитает конкретная популяция. При изменении этих условий может изменяться и значимость мутаций: то, что вредно при сочетании одних факторов среды, может оказаться полезно в другой ситуации.

Количество возникающих мутаций выражают процентом гамет одного поколения, содержащих какую-либо вновь возникшую мутацию. У хорошо изученных видов плодовой мушки-дрозофилы 25 % всех половых клеток содержат ту или иную мутацию, у мышей и крыс – около 10 %. Как видно из этих чисел, количество элементарного эволюционного материала достаточно велико.

Возникновение мутаций – элементарных единиц наследственной изменчивости приводит к увеличению генетического разнообразия популяции. Это разнообразие усиливается в результате создания случайных генетических комбинаций при скрещиваниях. Рецессивные мутации в гетерозиготном состоянии образуют скрытый *резерв изменчивости,* который может быть использован при изменении условий существования популяции.

Мутационный процесс является лишь поставщиком элементарного эволюционного материала. Его давление на природные популяции всегда существует и поддерживает генетическое разнообразие этих популяций на высоком уровне. В то же время благодаря своей случайной природе мутационный процесс не способен оказывать направляющее влияние на процесс эволюции.

Популяционные волны. В естественных условиях численность популяции постоянно меняется (§ 6). Такие периодические и непериодические (случайные) колебания численности особей, составляющих популяцию, называют *популяционными волнами.* В результате неких случайных причин, таких как нехватка кормов, эпидемии или влияние хищников, число особей в популяции может резко сократиться, т. е. носители определённых генотипов погибнут. В маленькой по размеру популяции некоторые особи, независимо от своего генотипа, в силу случайных причин могут оставить или не оставить потомства, что приведёт к изменению частот встречаемости тех или иных аллелей в популяции. При этом некоторые аллели могут совсем исчезнуть из популяции. Процесс случайного ненаправленного изменения частот аллелей в популяции называют *дрейфом генов.* В итоге генофонд оставшейся популяции будет существенно отличаться от генофонда исходной популяции. Такое явление, при котором популяция проходит

через период малой численности, получило название эффект *«бутылочного горлышка».* Если в дальнейшем влияние неблагоприятных факторов исчезнет и популяция восстановит свою численность до исходного уровня, её генотипическая структура будет являться отражением генотипов тех особей, которые прошли через «бутылочное горлышко» (рис. 18). В результате случайного дрейфа генов генетически однородные популяции, обитающие в сходных условиях, могут постепенно утратить своё первоначальное сходство. Таким образом, колебания численности (популяционные волны) вызывают изменения генетической структуры популяции.

Итак, наследственная изменчивость и популяционные волны относятся к первой группе факторов, которые вызывают случайные изменения в генофонде популяции. Однако для того, чтобы в дальнейшем популяция могла развиваться независимо на основе своего собственного генофонда, необходима её изоляция от других подобных популяций.

Изоляция. ***Изоляция*** *– это ограничение или полное отсутствие скрещиваний особей разных популяций.* Пока между популяциями существует поток генов, они не могут накопить существенные генетические различия. Изоляция приводит к прекращению обмена наследственной информацией и превращает популяцию в самостоятельную генетическую систему.

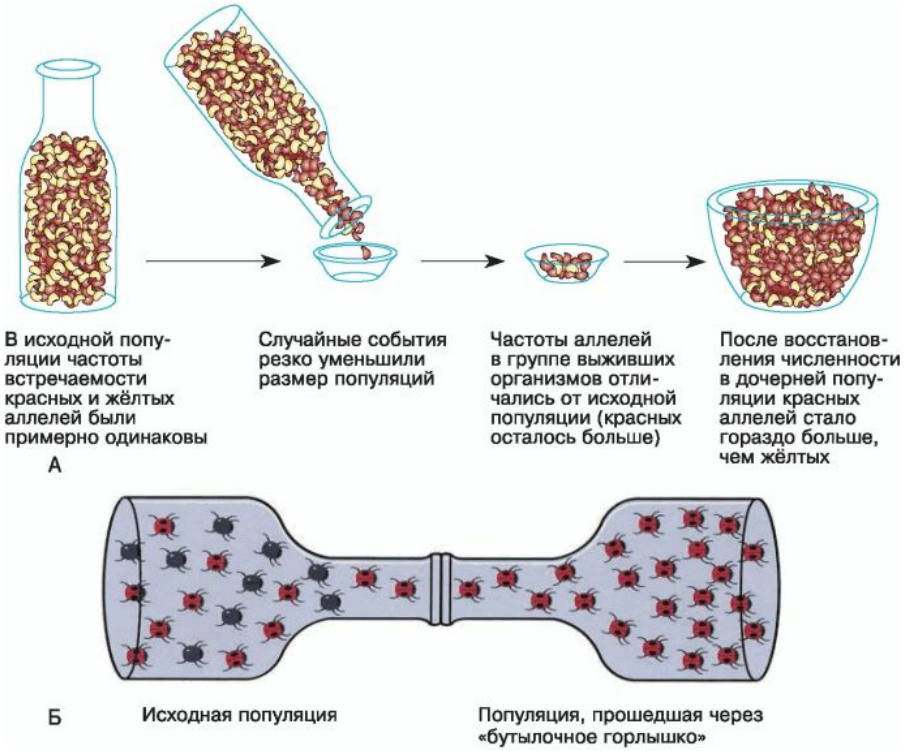

В исходной популяции частоты встречаемости красных и жёлтых аллелей были примерно одинаковы
Случайные события резко уменьшили размер популяций
Частоты аллелей в группе выживших организмов отличались от исходной популяции (красных осталось больше)
После восстановления численности в дочерней популяции красных аллелей стало гораздо больше, чем жёлтых
А
Б
Исходная популяция
Популяция, прошедшая через «бутылочное горлышко»

Рис. 18. Эффект «бутылочного горлышка»: А – семена фасоли; Б – популяция насекомых

Различают пространственную и экологическую изоляцию.

Пространственная изоляция связана с существованием географических преград между популяциями, например горных хребтов, пустынь, водоёмов и др.

При *экологической изоляции* скрещивание между организмами различных популяций становится невозможным, если особи этих групп разделены экологическими препятствиями в пределах одного ландшафта. Например, обитатели одного болота имеют мало шансов встретиться в период размножения с обитателями другого болота и т. п.

Эволюционное значение разных форм изоляции заключается в том, что они закрепляют и усиливают генетические различия между популяциями, а следовательно, создают предпосылки для дальнейшего преобразования этих популяций в отдельные виды.

Итак, такие факторы эволюции, как наследственная изменчивость, популяционные волны и изоляция изменяют генофонд популяций и обеспечивают их независимое существование, создавая условия для действия главного эволюционного фактора – *естественного отбора.*

Вопросы для повторения и задания

1. Назовите основные факторы эволюции.
2. Какой фактор обеспечивает возникновение нового генетического материала в популяции?
3. Будет ли действовать отбор на носителей рецессивных мутаций?
4. Приведите пример, иллюстрирующий изменение значимости мутации при изменении условий среды.
5. Способен ли мутационный процесс оказывать направляющее влияние на процесс эволюции и почему? Аргументируйте свой ответ.
6. Что такое дрейф генов?
7. Какой фактор приводит к прекращению обмена генетической информацией между популяциями? Каково его эволюционное значение?

Подумайте! Выполните!

1. Объясните, почему дрейф генов играет особо важную роль в эволюции малочисленных групп организмов.
2. Как вы понимаете выражение «мутации переходят в гомозиготное состояние»? В каком случае это происходит? Объясните это явление людям, незнакомым с биологией.
3. Могут ли доминантные мутации образовывать скрытый резерв наследственной изменчивости? Объясните свою точку зрения.
4. Казалось бы, в природной популяции должен закрепляться аллель, дающий своему носителю наибольшее преимущество в борьбе за существование. Однако в реальных природных популяциях часто одновременно встречают разные аллели одного и того же гена. Объясните, чем это вызвано.
5. Как вы думаете, почему генофонд летней популяции насекомых часто отличается от генофонда популяции, существовавшей год назад?

Работа с компьютером

Обратитесь к электронному приложению. Изучите материал и выполните задания.

9. Естественный отбор – главная движущая сила эволюции

Вспомните!

Какие виды отбора вы знаете?

Назовите известные вам формы естественного отбора.

Естественный отбор *– это преимущественное выживание и размножение наиболее приспособленных особей каждого вида и гибель менее приспособленных организмов.* Принцип естественного отбора, который впервые выдвинул Ч. Дарвин, имеет основополагающее значение в теории эволюции. Именно естественный отбор является тем третьим необходимым фактором, который направляет эволюционный процесс и обеспечивает закрепление в популяции определённых изменений.

Естественный отбор основывается на *генетическом разнообразии* и *избыточной численности особей* в популяции. Генетическое разнообразие создаёт материал для отбора, а избыточное число особей приводит к возникновению конкуренции и, как следствие, к борьбе за существование (§ 4).

Большинство видов размножаются очень интенсивно. Многие растения производят громадное число семян, но лишь ничтожная часть их, прорастая, даёт начало новым растениям. Рыбы откладывают сотни тысяч икринок, но половозрелости достигают лишь десятки особей. Несоответствие между потенциальными возможностями видов к размножению в геометрической прогрессии и ограниченностью ресурсов является главной причиной борьбы за существование. Гибель организмов может происходить по разным причинам. Иногда она может носить случайный характер, например в результате пересыхания водоёма или пожара. Однако обычно с большей вероятностью выживают и оставляют потомство те особи, которые максимально приспособлены к данным условиям обитания и имеют определённые преимущества. Наименее приспособленные имеют меньше шансов оставить потомство и чаще погибают. Таким образом, *естественный отбор – это результат борьбы за существование.*

Естественный отбор играет в природе творческую роль, потому что из всего многообразия ненаправленных наследственных изменений он отбирает и закрепляет только те, которые обеспечивают популяции или виду в целом оптимальные приспособления к данным условиям существования.

В настоящее время благодаря развитию генетики представления об отборе значительно расширились и пополнились новыми фактами. Различают несколько форм естественного отбора.

Движущая форма отбора. В популяции, которая в течение длительного времени находилась в стабильных условиях существования, выраженность определённых признаков варьирует относительно некой средней величины. Максимальное количество особей данной популяции оптимально приспособлено к конкретным условиям. Однако, если условия внешней среды начинают меняться, преимущество могут получить особи, чьё проявление признака отклоняется от средней величины. Давление отбора будет приводить к сдвигу среднего значения признака или свойства в популяции и появлению новой оптимальной средней величины, соответствующей изменившимся условиям (рис. 19). Изменение большинства признаков под действием отбора может происходить достаточно быстро, потому что в любой популяции существует огромное генетическое разнообразие.

Рассмотрим один из классических примеров, доказывающих существование в природе движущей формы естественного отбора, – явление индустриального меланизма у бабочки берёзовой пяденицы (рис. 20). Окраска крыльев этой сумеречной бабочки очень похожа на окраску коры деревьев, покрытых лишайниками. На таких стволах берёзовые пяденицы проводят светлое время суток, хорошо маскируясь и прячась от своих естественных врагов – птиц. Активное развитие промышленности в Англии в XVIII–XIX вв. привело к сильному загрязнению лесов. В результате в промышленных районах большинство лишайников погибло, а стволы берёз потемнели от копоти. Светлые бабочки стали очень хорошо заметны на таких деревьях, и их начали активно склёвывать птицы. В создавшихся условиях преимущество получили более тёмные особи. Развитие промышленности привело к тому, что редкие тёмные бабочки стали наиболее типичными, а светлые особи, наоборот, стали встречаться чрезвычайно редко. Естественный отбор смещал среднее значение признака (в данном случае – окраски) до тех пор, пока популяция не приспособилась к новым условиям существования. Из приведённого примера хорошо видно, что отбор идёт по фенотипу, т. е. по внешнему проявлению признака. Однако в результате отбираются генотипы, обусловливающие развитие этих фенотипов, т. е. в природе отбор сохраняет не отдельные признаки или гены, а целые комбинации генов, присущие данному организму.

Рис. 19. Движущая форма естественного отбора: А, Б, В – последовательные изменения среднего значения признака

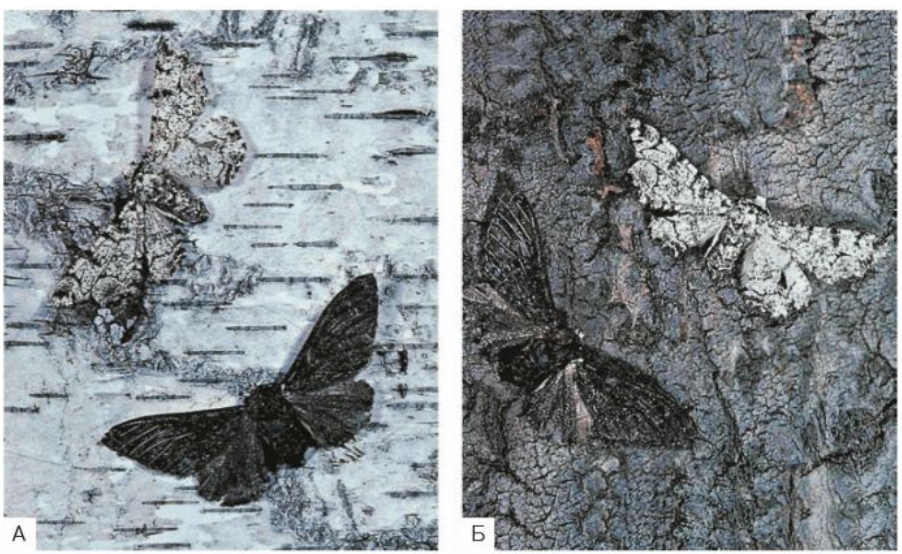


Рис. 20. Тёмные и светлые пяденицы на стволах деревьев: А – светлые; Б – тёмные стволы берёз

Примеров, которые доказывают существование движущей формы естественного отбора, существует множество. К ним относится, например, возникновение устойчивости насекомых к ядохимикатам. Отдельные особи, которые выживают после применения инсектицидов, получают преимущество в новых условиях, оставляют потомство и способствуют распространению признака устойчивости к этим препаратам в популяции.

Под действием движущей формы естественного отбора может происходить не только усиление признака, но и ослабление его вплоть до полного исчезновения, например утрата глаз у крота или редукция крыльев у некоторых насекомых, живущих в ветреных районах на морских побережьях.

Таким образом, при изменении условий внешней среды ведущую роль в эволюции играет движущая форма естественного отбора.

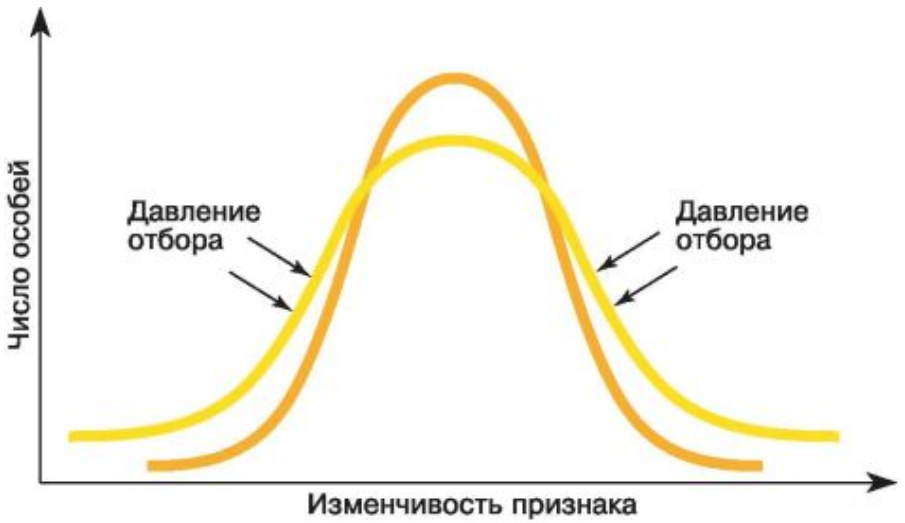


Рис. 21. Стабилизирующая форма естественного отбора

Стабилизирующая форма отбора. В постоянных условиях среды действует стабилизирующий отбор, направленный на сохранение ранее сложившегося среднего значения признака или свойства (рис. 21). Если популяция оптимально приспособлена к определённым условиям среды, это не значит, что необходимость в отборе исчезает. В каждой популяции постоянно возникают новые мутации и комбинации генов, следовательно, возникают особи с признаками, отклоняющимися от среднего значения. Действие этой формы отбора направлено на уничтожение особей, несущих признаки, значительно уклоняющиеся от средней нормы.

Существует много примеров действия стабилизирующей формы естественного отбора. Во время сильных бурь в прибрежных районах Англии погибают в основном воробьи с длинными и короткими крыльями, а птицы, имеющие крылья средних размеров, выживают. В большом помёте у млекопитающих обычно гибнут те детёныши, которые наиболее резко отклоняются по каким-то признакам от средних величин.

Эта форма отбора не сдвигает среднюю величину значения

признака, однако размах фенотипической изменчивости снижается. В данном случае максимальное преимущество имеют особи со средней выраженностью признака, поэтому наблюдаемое в любой популяции большое сходство всех особей – результат действия стабилизирующей формы естественного отбора. Если условия среды на протяжении длительного времени остаются неизменными, так же неизменны будут и особи данной популяции. Благодаря действию стабилизирующего отбора до нашего времени практически без изменений сохранились виды, жившие миллионы лет назад: древовидные папоротники, акулы, реликтовый таракан, кистепёрая рыба латимерия, пресмыкающееся гаттерия (рис. 22).

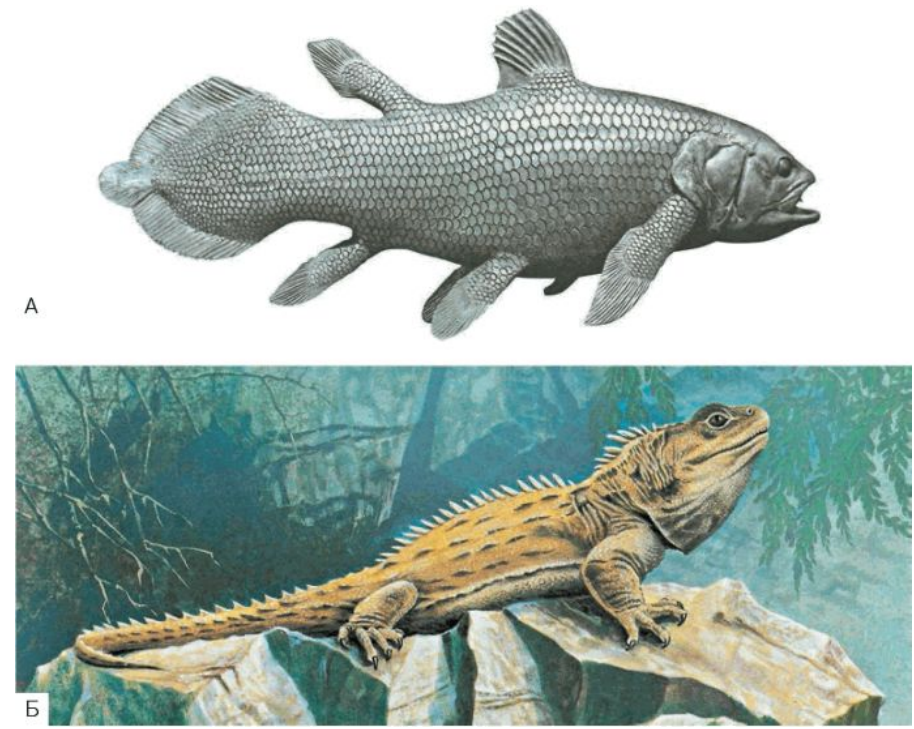


Рис. 22. Древнейшие животные, сохранившиеся в современной фауне: А – латимерия; Б – гаттерия

По сути, действие стабилизирующего отбора направлено на сохранение тех организмов, которые обладают оптимальным для данных неизменных условий существования гомеостазом. Это подразумевает отсутствие в генотипах таких особей неблагоприятных мутаций или сочетаний аллелей.

Вопросы для повторения и задания

1. Что такое естественный отбор?

2. На чём основывается действие естественного отбора?

3. Какие формы естественного отбора вам известны?

4. В каких условиях внешней среды действует каждая форма естественного отбора?

5. В чём заключается причина появления у микроорганизмов, вредителей сельского хозяйства и других организмов устойчивости к ядохимикатам?

Подумайте! Выполните!

1. Приведите известные вам примеры различных форм естественного отбора в природе.

2. Объясните, почему даже длительное воздействие стабилизирующего отбора не приводит к полному фенотипическому единообразию в популяции.

Работа с компьютером

Обратитесь к электронному приложению. Изучите материал и выполните задания.

Узнайте больше

Дизруптивная, или разрывающая, форма отбора. Иногда в природе изменение условий приводит к тому, что отбор начинает действовать против особей со средним значением признаков. В этом случае преимущество получают крайние варианты приспособлений, а промежуточные признаки, сложившиеся в условиях стабилизирующего отбора, становятся в новых условиях нецелесообразными, и их носители вымирают. В результате из прежней единой популяции образуются две новые.

Например, постоянные июльские покосы привели к тому, что изначально единая популяция большого погремка, чьё цветение и плодоношение происходило в основном в июле, разделилась (рис. 23). На одной и той же территории начали существовать две популяции, проявляющие активность в разные сроки: растения в одной из них успевали отцвести и сформировать семена до покоса – в июне, а в другой – после покоса – в августе. При длительном действии дизруптивного отбора могут образоваться два и более вида, обитающих на одной территории, но проявляющих активность в разное время года.

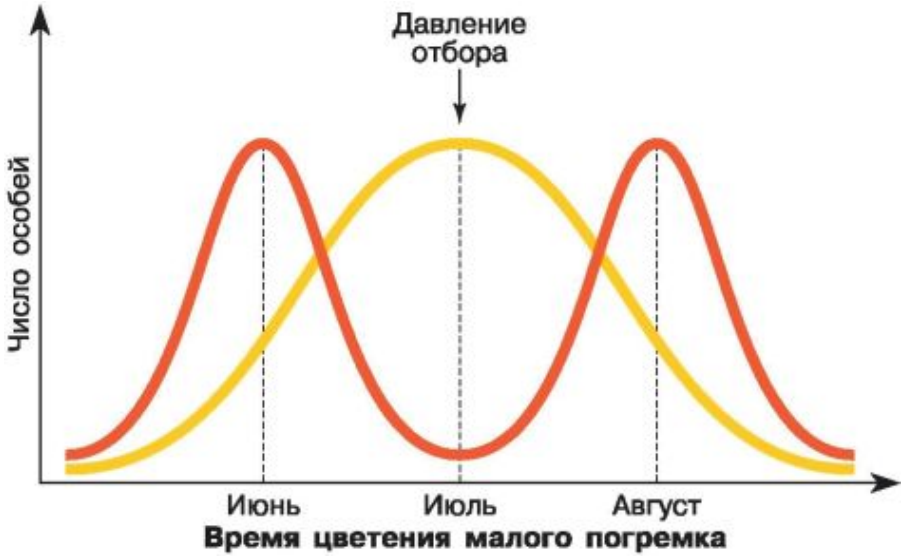


Рис. 23. Дизруптивная форма естественного отбора

10. Адаптации организмов к условиям обитания как результат действия естественного отбора

Вспомните!

На основании собственных наблюдений приведите примеры приспособленности организмов к условиям существования.

В течение многих веков в естествознании господствовало представление о существовании в природе изначальной целесообразности. Сторонники креационизма считали, что Бог создавал каждый вид в абсолютном соответствии с конкретными условиями обитания. С развитием эволюционных идей общество признало существование изменчивости, но механизмы её возникновения ещё оставались неясными. Ж. Б. Ламарк считал, что развитие приспособлений – это ответная реакция организмов на действие факторов окружающей среды. И лишь с появлением эволюционной теории Ч. Дарвина адаптации организмов стали рассматривать как результат действия естественного отбора в определённых условиях внешней среды.

Все живые существа оптимально приспособлены к своим условиям обитания. Приспособленность повышает шансы организмов на выживание и оставление потомства, т. е. помогает таким особям выиграть борьбу за существование и передать свои гены следующим поколениям. Эволюционный процесс в любой популяции протекает в два этапа. Сначала возникает генетическое разнообразие, проявляющееся в фенотипических признаках. Затем в ходе естественного отбора сохраняются те признаки и свойства, которые обеспечивают особям конкретной популяции оптимальные приспособления к условиям обитания. Поскольку условия обитания организмов разнообразны, столь же разнообразны и адаптации к ним. Приспособления затрагивают внешние и внутренние признаки и свойства организмов, особенности размножения и поведения, т. е. существует множество различных форм приспособленности организмов к окружающей среде.

Морфологические адаптации. Эти адаптации связаны с особенностями строения тела. Причём, как и все остальные типы адаптаций, морфологические приспособления с точки зрения эволюционной значимости подразделяются на *общие,* которые затрагивают обычно крупные таксоны (отряды, классы, типы), и *специальные,* связанные с более узкими условиями существования

(виды, группы видов). Например, возникновение крыла у птиц – это крупнейшее изменение, которое дало возможность живым организмам завоевать воздушное пространство. Впоследствии на его основе возникали вторичные и третичные адаптации, например особенности строения крыла, связанные с типом полёта. Сравните бреющий полёт буревестника и маневренный полёт колибри, позволяющий птице зависать в воздухе в одной точке и давать задний ход.

У Дарвина любимым примером приспособлений служил дятел. В «Происхождении видов путём естественного отбора» Дарвин писал: «Можно ли привести более разительный пример приспособления, чем дятел, лазящий по стволам деревьев и вылавливающий насекомых в трещинах коры?»

Классическим примером приспособлений служит строение ноги у разных видов птиц. Ярким примером адаптаций к разным типам питания является разнообразная форма птичьих клювов (см. рис. 9).

Плоская форма тела придонных рыб и торпедообразное тело акул, густой шерстный покров у северных млекопитающих, гибкое тело у норных животных – это примеры морфологических адаптаций у животных. Подобные формы адаптаций существуют и в растительном царстве. В высокогорных районах и в тундре большинство растений имеют стелющиеся и подушковидные формы, которые устойчивы к сильным ветрам, зимой легко укрываются снегом и не повреждаются в сильные морозы.

Покровительственная окраска. Такая окраска служит прекрасным способом защиты от врагов для многих видов животных. Благодаря ей животные становятся менее заметны.

Самки птиц, гнездящиеся на земле, практически сливаются с общим фоном местности. Так же незаметны яйца и птенцы у этих видов птиц, а, например, яйца аистов не имеют покровительственной окраски, потому что, как правило, недоступны для врагов (рис. 24).

А Б

Рис. 24. Покровительственная окраска позволяет птицам сливаться с ландшафтом: А – окраска малого вальдшнепа повторяет тона лесной почвы; Б – птенцы серебристой чайки в первые дни своей жизни

А Б В

Рис. 25. Белая окраска животных Крайнего Севера: А – песец; Б – детёныш тюленя; В – полярный медведь

Покровительственную окраску имеют многие виды насекомых, например окраска крыльев ночных бабочек полностью сливается с той поверхностью, на которой они проводят дневные

часы. Неразличимы в траве зелёные кузнечики, в пустыне – песочно-жёлтые ящерицы, на снегу – полярные песцы. Следует отметить, что в районах Крайнего Севера среди животных очень распространена белая окраска, делающая их незаметными на снежной поверхности (полярные медведи, совы, белая куропатка и многие другие) (рис. 25).

У некоторых животных существует характерная яркая окраска, образованная чередованием светлых и тёмных полос или пятен (тигры, леопарды, пятнистые олени, детёныши кабана). Такая окраска имитирует чередования света и тени в окружающей природе и делает животных менее заметными в густых зарослях (рис. 26).

Рис. 26. Гепарды. Пример покровительственной окраски

В зависимости от условий освещённости способны менять свою окраску хамелеоны, осьминоги и другие животные.

Предостерегающая окраска. У ряда животных вместо покровительственной окраски развивается предостерегающая, или угрожающая. Как правило, такая окраска свойственна жалящим или имеющим ядовитые железы насекомым. Птица, отведавшая ядовитую божью коровку или ярко-полосатого шмеля, вряд ли будет пытаться сделать это снова.

Маскировка. Хорошим средством защиты от врагов служит не только скрывающая окраска, но и маскировка – соответствие формы тела объектам живой и неживой природы. Сходство с предметами окружающей среды позволяет многим животным избегать нападения хищников. Практически неразличима в

зарослях морских водорослей рыба-игла. Форма тела некоторых насекомых напоминает листья, кору, веточки или колючки растений (рис. 27).

Мимикрия. Многие безобидные животные в процессе эволюции приобрели сходство с ядовитыми видами. Это явление подражания беззащитного вида хорошо защищённым и имеющим предостерегающую окраску неродственным видам называют *мимикрией* (от греч. mimikos – подражательный). Непривлекательны для насекомоядных птиц пчёлы и их подражатели – мухи-журчалки (рис. 28). Многие неядовитые змеи очень похожи на ядовитых, а узор на крыльях некоторых бабочек напоминает глаза хищников.

Рис. 27. Маскировка в мире насекомых

Биохимические адаптации. Многие животные и растения способны образовывать различные вещества, которые служат им для защиты от врагов и для нападения на другие организмы. Пахучие вещества клопов, яды змей, пауков, скорпионов, токсины растений относятся к такого рода приспособлениям.

Биохимическими адаптациями также является появление особой структуры белков и липидов у организмов, обитающих при очень высоких или низких температурах. Подобные особенности позволяют этим организмам существовать в горячих

источниках или, наоборот, в условиях вечной мерзлоты.

Рис. 28. Мухи-журчалки на цветах

Рис. 29. Бурундук в состоянии зимней спячки

Физиологические адаптации. Эти адаптации связаны с перестройкой обмена веществ. Без них невозможно поддержание

гомеостаза в постоянно меняющихся условиях внешней среды.

Человек не может долго обходиться без пресной воды из-за особенностей своего солевого обмена, но птицы и рептилии, проводящие большую часть жизни в морских просторах и пьющие морскую воду, приобрели специальные железы, которые позволяют им быстро избавляться от избытка солей.

Многие пустынные животные перед наступлением засушливого сезона накапливают много жира: при его окислении образуется большое количество воды.

Поведенческие адаптации. Особый тип поведения в тех или иных условиях имеет очень большое значение для выживания в борьбе за существование. Затаивание или отпугивающее поведение при приближении врага, запасание корма на неблагоприятный период года, спячка животных и сезонные миграции, позволяющие пережить холодный или засушливый период, – это далеко не полный перечень разнообразных типов поведения, возникающих в ходе эволюции как приспособления к конкретным условиям существования (рис. 29).

Рис. 30. Брачный турнир самцов антилопы

Следует отметить, что многие виды адаптаций формируются параллельно. Например, защитное действие покровительственной или предупреждающей окраски значительно повышается при сочетании её с соответствующим поведением. Животные, имеющие покровительственную окраску, в минуту опасности замирают. Предостерегающая окраска, наоборот, сочетается с демонстративным поведением, отпугивающим хищника.

Особую важность имеют поведенческие адаптации, связанные с продолжением рода. Брачное поведение, выбор партнёра, образование семьи, забота о потомстве – эти типы поведения являются врождёнными и видоспецифичными, т. е. у каждого

вида существует своя программа полового и детско-родительского поведения (рис. 30–32).

Относительный характер адаптаций. Все живые организмы оптимально приспособлены к условиям своего обитания, будь это пустыня или экваториальные леса, морские глубины или саванны. Каждый организм имеет множество адаптаций, которые образовывались в результате действия естественного отбора во вполне определённых условиях среды. При изменении этих условий адаптации могут потерять свою приспособительную ценность и даже принести вред их обладателю, т. е. адаптации имеют *относительную целесообразность*. Белая зимняя окраска зайцев становится опасной в периоды оттепелей или в малоснежные зимы (рис. 33). Если внешние условия изменятся очень резко, новые адаптации не успеют сформироваться, что приведёт к вымиранию больших групп организмов, как это случилось более 60 млн лет назад с динозаврами.

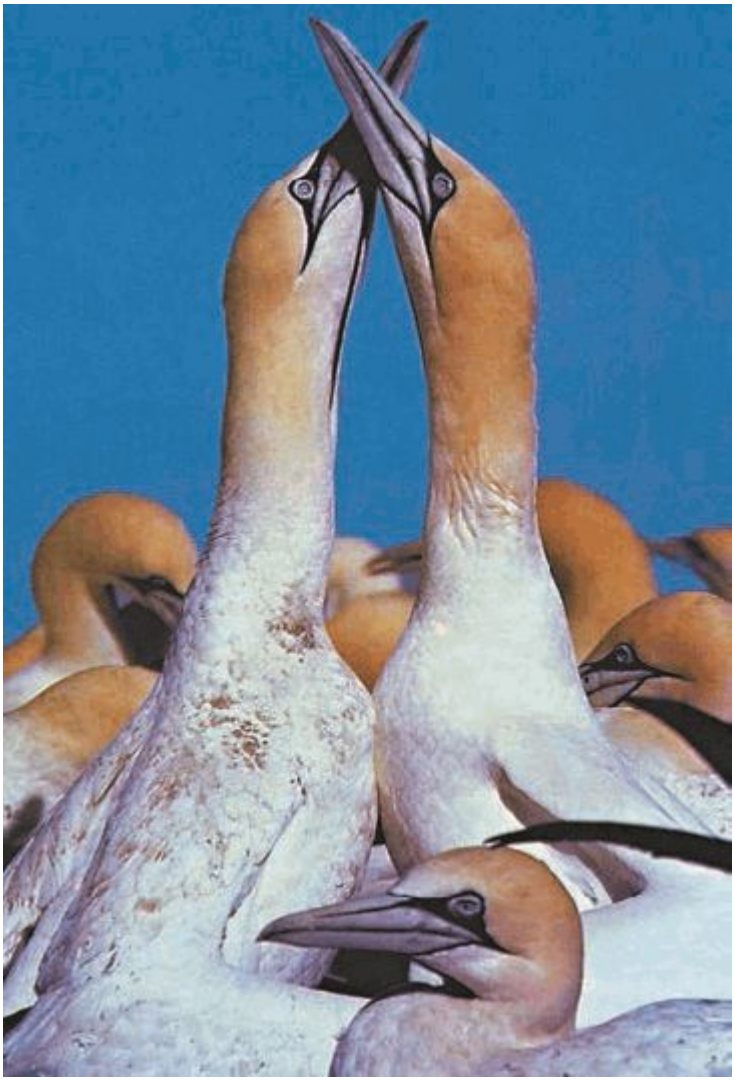


Рис. 31. Брачное поведение капских олушей

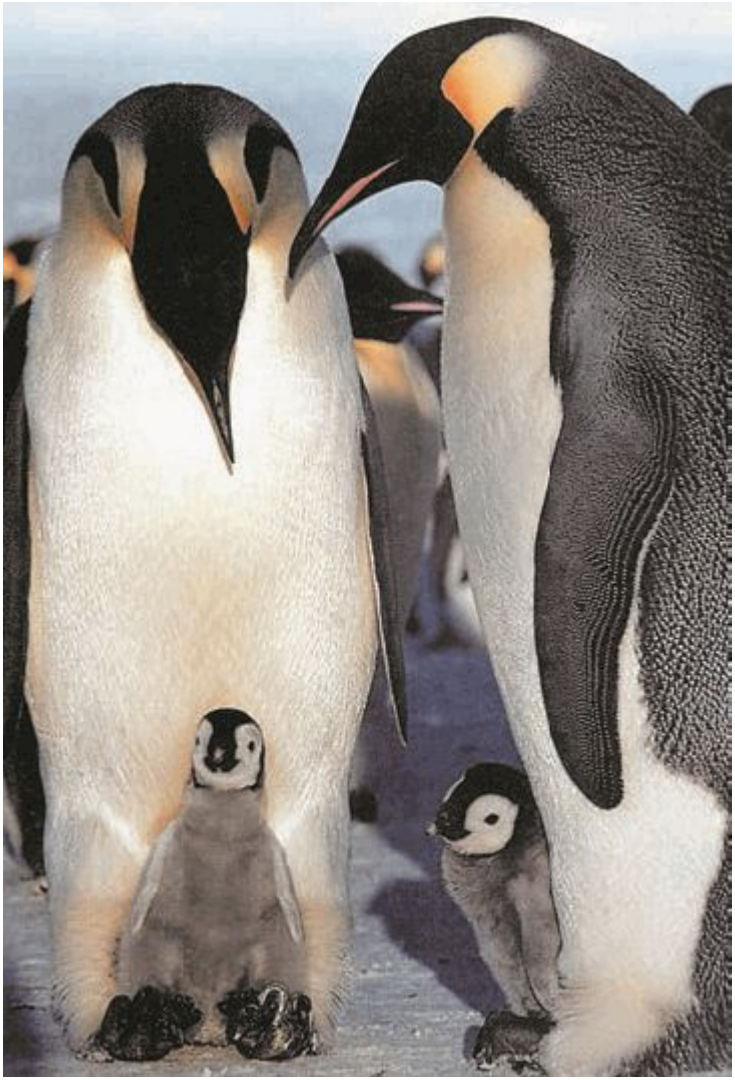


Рис. 32. Забота о потомстве у пингвинов

Рис. 33. Зимняя окраска зайца

Итак, в результате действия движущих сил эволюции у организмов возникают и совершенствуются адаптации к условиям окружающей среды. Закрепление в изолированных популяциях различных адаптаций может в итоге привести к образованию новых видов.

Вопросы для повторения и задания

1. Приведите примеры приспособленности организмов к условиям существования.
2. Почему одни животные имеют яркую, демаскирующую окраску, а другие, наоборот, – покровительственную?
3. В чём состоит сущность мимикрии?
4. Распространяется ли действие естественного отбора на поведение животных? Приведите примеры.
5. Каковы биологические механизмы возникновения приспособительной (скрывающей и предупреждающей) окраски у животных?
6. Являются ли физиологические адаптации факторами, определяющими уровень приспособленности организма в целом?
7. В чём сущность относительности любого

приспособления к условиям обитания? Приведите примеры.

Подумайте! Выполните!

1. Почему не существует абсолютного приспособления к условиям обитания? Приведите примеры, доказывающие относительный характер любого приспособления.

2. Детёныши кабана обладают характерной полосатой окраской, которая с возрастом исчезает. Приведите аналогичные примеры изменения окраски у взрослых особей по сравнению с потомством. Можно ли считать эту закономерность общей для всего животного мира? Если нет, то для каких животных и почему она характерна?

3. Соберите информацию о животных с предостерегающей окраской, обитающих в вашем регионе. Объясните, почему знание этого материала важно для каждого. Сделайте информационный стенд об этих животных. Выступите с сообщением по этой теме перед школьниками младших классов.

Работа с компьютером

Обратитесь к электронному приложению. Изучите материал и выполните задания.

Повторите и вспомните!

Человек

Поведенческие адаптации – врождённое безусловно-рефлекторное поведение. Врождённые способности существуют у всех животных, в том числе и у человека. Новорождённый ребёнок умеет сосать, глотает и переваривает пищу, моргает и чихает, реагирует на свет, звук и боль. Это примеры *безусловных рефлексов*. Такие формы поведения возникли в процессе эволюции как результат приспособления к определённым, относительно постоянным условиям окружающей среды. Безусловные рефлексы передаются по наследству, поэтому все животные рождаются уже с готовым комплексом таких рефлексов.

Каждый безусловный рефлекс возникает на строго определённый раздражитель (подкрепление): одни – на пищу, другие – на боль, третьи – на появление новой информации и т. д. Рефлекторные дуги безусловных рефлексов постоянны и проходят через спинной мозг или ствол головного мозга.

Одной из наиболее полных классификаций безусловных рефлексов является классификация, предложенная академиком П. В. Симоновым. Учёный предложил разделить все безусловные рефлексы на три группы, отличающиеся по особенностям взаимодействия особей друг с другом и с окружающей средой. *Витальные рефлексы* (от лат. vita – жизнь) направлены на сохранение жизни индивида. Их невыполнение ведёт к гибели особи, а для реализации не требуется участия другой особи того же вида. В эту группу относят пищевые и питьевые рефлексы, гомеостатические рефлексы (поддержание постоянной температуры тела, оптимальной частоты дыхания, сердцебиения и т. п.), оборонительные, которые, в свою очередь, делят на пассивно-оборонительные (убегание, затаивание) и активно-оборонительные (нападение на угрожающий объект) и некоторые другие.

К *зоосоциальным,* или ролевым, *рефлексам* относят те варианты врождённого поведения, которые возникают при взаимодействии с другими особями своего вида. Это половые, детско-родительские, территориальные, иерархические рефлексы.

Третья группа – это *рефлексы саморазвития.* Они не связаны с адаптацией к конкретной ситуации, а как бы обращены в будущее. Среди них исследовательское, подражательное и игровое поведение.

11. Видообразование как результат эволюции

Вспомните!

Что такое вид?

Какие виды древних растений и животных вам известны?

Какую роль играет изоляция в процессе эволюции?

Видообразование *– это процесс возникновения новых видов.* В настоящее время на земном шаре обитает несколько миллионов разнообразных видов, а за всё время существования Земли, как считают учёные, их было в 50–100 раз больше. Как же возникало всё это гигантское многообразие?

Способы видообразования. Большой вклад в решение проблем видообразования внёс известный американский зоолог и эволюционист Эрнст Майр. Он выделил три основных способа видообразования (рис. 34).

Первый способ – преобразование одного вида в другой (А в В). При этом общее число видов не изменяется, потому что постепенно на смену одному виду приходит другой, новый вид.

Второй способ основан на гибридизации двух видов, в результате чего образуется третий, новый вид (межвидовое образование). Как правило, при этом исходные виды не исчезают, поэтому общее число видов увеличивается (+1). Примером такого видообразования может служить возникновение культурной сливы ($2n = 48$) в результате гибридизации тёрна ($2n = 32$) и алычи ($2n = 16$).

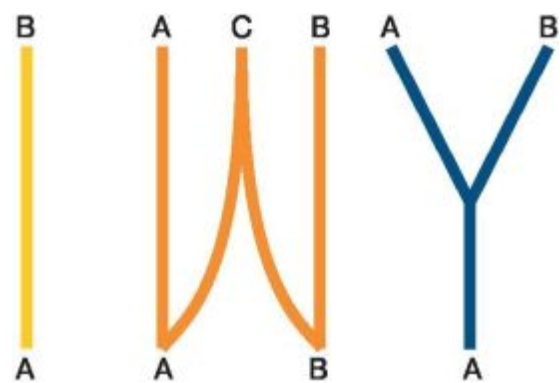


Рис. 34. Три основных способа видообразования

Третий способ, который Майр назвал истинным видообразованием, связан с расхождением (дивергенцией)

признаков. Этот способ был подробно изучен и описан Ч. Дарвином. Если исходный и вновь образующийся виды остаются жизнеспособными, число видов увеличивается. Именно таким способом образовалось большинство видов.

Пути видообразования. Если особи, принадлежащие к разным популяциям внутри одного вида, скрещиваются и образуют плодовитое потомство, вид является единым целым. Поток генов между внутривидовыми популяциями формирует единый видовой генофонд. Для образования нового вида необходимо, чтобы между популяциями возникла изоляция. В результате обмен генами между изолированными популяциями прекращается, накапливаются межпопуляционные различия, что в дальнейшем может привести к превращению таких популяций в самостоятельные генетические системы, сначала виды, а затем и более крупные таксоны (рис. 35).

В зависимости от изолирующего механизма, можно выделить два основных пути видообразования: географическое и экологическое.

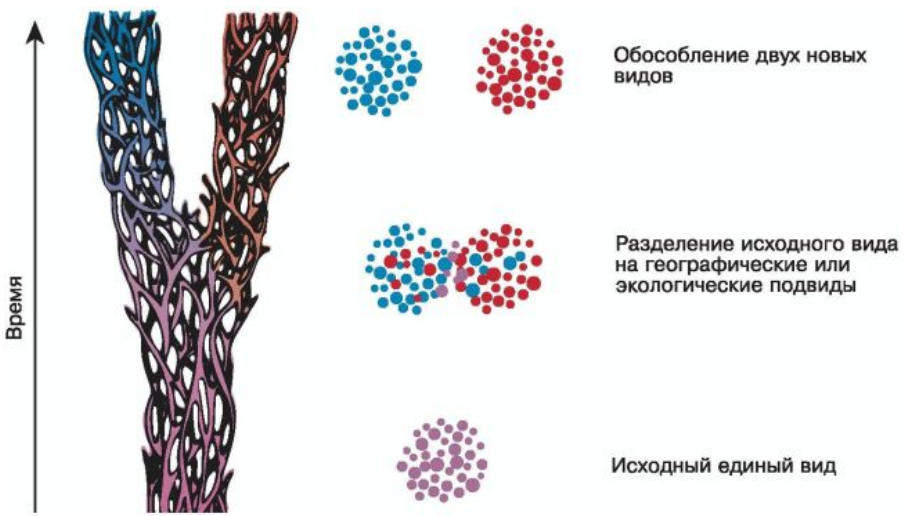

Время
Обособление двух новых видов
Разделение исходного вида на географические или экологические подвиды
Исходный единый вид

Рис. 35. Возникновение изоляции между популяциями может привести к образованию новых видов

Географическое видообразование[2]. При пространственной изоляции популяций происходит географическое видообразование. Если некая популяция мигрировала за пределы ареала исходного вида, утратила связь с остальными видовыми популяциями и попала в иные условия, накопление адаптаций к этим новым условиям обитания может привести к формированию нового вида.

Также географическое видообразование может происходить

при разделении исходного целостного ареала родительского вида на несколько изолированных самостоятельных ареалов. Такая изоляция возникает в результате глобальных геологических процессов: дрейфа континентов, горообразования, образования водных преград и т. д. Классическим примером такого видообразования являются вьюрки, которых Дарвин изучал на различных Галапагосских островах.

Примером видообразования путём фрагментации (от лат. fragmentum – обломок, кусок) ареала материнского вида служит возникновение разных видов ландыша (рис. 36). Несколько миллионов лет назад исходный предковый вид ландыша был широко распространён в лесах Евразии, однако в связи с оледенением его ареал распался на несколько независимых территорий. Ландыш сохранился лишь на территориях, которые ледник не затронул: на юге Дальнего Востока, в Закавказье и на юге Европы. В дальнейшем эти три изолированные популяции развивались самостоятельно, что привело к образованию нескольких новых видов, отличающихся размером и окраской листьев и венчиков.

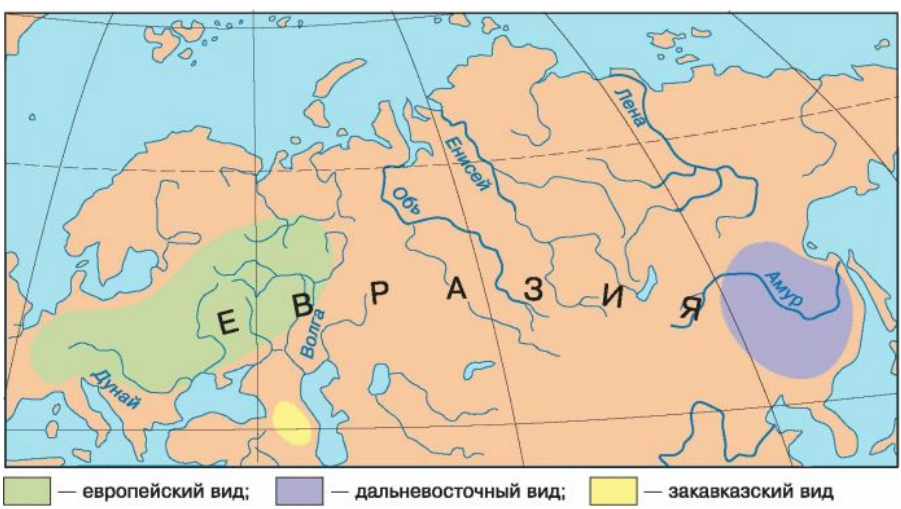


Рис. 36. Видообразование путём фрагментации ареала материнского вида. Образование разных видов ландыша

Видообразование протекает очень медленно, в течение сотен тысяч и миллионов лет в результате смены сотен тысяч поколений. Если мы проследим процесс последовательного отделения фрагментов суши от единого древнего континента, то сможем выявить чёткую корреляцию. Острова и континенты, имеющие более длительную историю самостоятельного существования, гораздо сильнее отличаются по флоре и фауне.

Экологическое видообразование. В пределах ареала исходного вида осуществляется экологическое видообразование. Оно может происходить несколькими способами. Один из них – быстрое возникновение новых видов путём кратного увеличения числа хромосом (*полиплоидизация*). Например, у исходного вида табака 12 хромосом, но известны формы с 24, 48, 72 хромосомами.

Другой способ основан на экологической изоляции видов. В этом случае изолирующими барьерами служат различия в условиях обитания, в результате чего образуются экологические подвиды, предпочитающие те или иные экологические ниши. В дальнейшем такие подвиды могут дать начало новым самостоятельным видам (§ 5, разные виды дубов, растущие на разных почвах).

Подобный способ видообразования встречается и у животных. Например, у яблонной пестрокрылки существуют две экологические группы, которые предпочитают кормиться и размножаться на двух разных видах растений – боярышнике и яблоне. Как выяснилось, распознавание и предпочтение хозяина контролируется одним геном. Следовательно, мутация, возникшая в этом гене, может положить начало формированию экологических рас, затем подвидов и в дальнейшем видов. Доказательством того, что видообразование завершено, является возникновение репродуктивной изоляции (невозможности скрещивания) даже при исчезновении изолирующих барьеров.

Образовавшийся новый вид в дальнейшем вступает в сложные межвидовые взаимоотношения, которые и определяют его последующую судьбу: процветание, гибель или распад на новые виды.

Вопросы для повторения и задания

1. Сравните три основных способа видообразования.
2. Охарактеризуйте механизмы основных путей видообразования.
3. Какую роль играет изоляция в процессе видообразования?
4. Приведите примеры географического и экологического видообразования.
5. Каково значение пространственной изоляции для образования новых видов?

Подумайте! Выполните!

Объясните, почему в природе чаще встречаются гибриды разных видов растений, чем разных видов животных.

Работа с компьютером

Обратитесь к электронному приложению. Изучите материал и выполните задания.

Узнайте больше

Видообразование в пределах ареала исходного вида. В настоящее время многие учёные разделяют видообразование, происходящее в пределах ареала исходного вида, на два варианта. Видообразование, основанное на экологической изоляции видов, при котором ведущим оказывается изменение предпочтений и активности самих особей, называют *симпатрическим видообразованием.* Другим вариантом является *парапатрическое видообразование,* которое происходит путём полиплоидизации или других генетических изменений. В этом случае новые формы возникают в течение одного поколения, т. е. сразу возникает генетическая изоляция. Для того чтобы доказать свою конкурентоспособность, особи с изменённым генетическим аппаратом должны выдержать жёсткую конкуренцию с другими особями, хорошо приспособленными к условиям жизни. Поэтому этот тип видообразования имеет ограниченное значение. Исключением являются случаи возникновения у полиплоидных форм растений, быстро распространяющихся за счёт вегетативного размножения.

Типы эволюционных изменений. Основными типами эволюционных изменений являются дивергенция, конвергенция, параллелизм и филетическая эволюция.

Дивергенция. *Дивергенция* (от лат. divergantia – расхождение) – это наиболее распространённый тип эволюционного процесса. Понятие дивергенции ввёл Ч. Дарвин, понимая под ним расхождение признаков в процессе эволюции. При этом происходит образование двух или более таксонов, происходящих от общего предка. Такое расхождение признаков и групп происходит в том случае, если меняются условия обитания дочерней группы. Например, освоить наземную среду древним позвоночным животным помогло появление пятипалой конечности рычажного типа. Однако в зависимости от образа жизни и типа местообитания конечности разных групп позвоночных претерпели существенные изменения и выполняют сейчас разные функции (см. рис. 6). Такие органы, имеющие общее происхождение и выполняющие разные или сходные функции, называют *гомологичными органами* (см. также § 13).

Конвергенция. *Конвергенция* – это тип эволюционного

изменения, в результате которого сходные признаки возникают у организмов, неродственных друг другу, т. е. имеющих различное происхождение. Чаще всего конвергенция возникает при заселении разными видами организмов сходных типов местообитаний (рис. 37). Таким образом, конвергентное сходство является результатом приспособлений к одинаковым условиям внешней среды. Похожи жабры рыбы и жабры рака, выполняющие дыхательные функции. Однако жабры рыбы развиваются на перегородках между жаберными щелями, пронизывающими глотку, а жабры рака – это нитевидные выросты конечностей груди. Крылья бабочек и летучих мышей, глаза человека и осьминога, роющие конечности кротов и медведок (рис. 38) – все эти органы формируются из разных эмбриональных зачатков. Органы, выполняющие сходные функции, но имеющие разное происхождение, называют *аналогичными* (см. также § 13).

Рис. 37. Кактус астрофитум звёздчатый из Техаса (справа) и молочай Euphorbia obesa из Южной Африки (слева). Два вида живут в сходных природных условиях и приобрели сходные формы за счёт конвергентной эволюции. При этом они относятся не только к разным семействам, но и к разным порядкам. Несмотря на благоприятные условия, кактусы практически полностью отсутствуют в Африке

Параллелизм. *Параллелизм* – это тип эволюционных изменений, результатом которого является образование сходных признаков у родственных форм. Например, китообразные и ластоногие независимо друг от друга перешли к обитанию в водной среде и приобрели соответствующие приспособления – ласты. Известное общее сходство имеют млекопитающие тропического пояса, обитающие на разных континентах, в близких климатических условиях (рис. 39).

Рис. 38. Аналогичные органы

Рис. 39. Параллелизм в строении тела млекопитающих населяющих дождевые леса Африки и Южной Америки: панголин (слева) и гигантский броненосец (справа)

Филетическая эволюция. *Филетическая эволюция* – это такой тип эволюционных преобразований, при которых предковые таксоны постепенно преобразуются в новые (дочерние) без образования боковых ветвей. При этом образуется непрерывный ряд таксонов, в котором каждый является потомком предыдущего и предком последующего.

12. Сохранение многообразия видов как основа устойчивого развития биосферы

Вспомните!

Приведите примеры вымирания видов растений и животных.

Биологический прогресс и биологический регресс. С момента возникновения жизни более 3 млрд лет назад развитие живой природы шло в направлении максимального приспособления к окружающей среде. Возникали эукариоты, появлялся фотосинтез, формировались первые многоклеточные организмы. Развитие от простого к сложному, от низкоорганизованных форм к высокоорганизованным имеет прогрессивный характер. *Направление эволюции, в ходе которого таксон оптимально адаптируется к условиям окружающей среды, а его численность и ареал растут,* называют ***биологическим прогрессом.*** Показателями биологического прогресса являются следующие признаки:

– увеличение численности особей данного таксона;

– расширение ареала обитания;

– появление подчинённых систематических групп (популяций и подвидов внутри вида, видов в роде и т. д.).

В ходе биологического прогресса может происходить не только усложнение организации, но и упрощение строения, если это необходимо для обеспечения успеха в борьбе за существование. Сидячий образ жизни, однородная среда обитания, паразитизм приводят к тому, что организмы утрачивают органы и целые системы органов, ненужные для жизни в данных условиях. Например, в процессе эволюции многие паразитические ленточные черви утратили пищеварительную систему, у подземных млекопитающих произошла редукция глаз. Однако такое упрощение строения позволило этим группам максимально полно приспособиться к условиям среды и выйти победителями в борьбе за существование.

Биологический прогресс – это успех и процветание определённой группы организмов. В настоящее время биологический прогресс испытывают круглые черви, членистоногие, птицы, млекопитающие и покрытосеменные растения.

Однако при резких изменениях условий среды возникшие ранее адаптации не всегда оказываются полезными. Узкая

специализация часто приводит к тому, что такая группа организмов не может приспособиться к новым условиям и её дальнейшая эволюция ведёт к регрессу.

Биологический регресс *– это эволюционный упадок группы организмов, которая не смогла приспособиться к изменениям условий внешней среды или не выдержала конкуренции с другими группами.*

Биологический регресс характеризуют следующие признаки:

– уменьшение численности особей данного таксона;

– сужение ареала обитания;

– уменьшение числа подчинённых систематических групп (популяций и подвидов внутри вида, видов в роде и т. д.).

В итоге биологический регресс может привести к вымиранию групп организмов.

Причины вымирания видов. За всю историю эволюции живой природы на нашей планете обитало в общей сложности в 50–100 раз больше видов, чем представлено сейчас. Менялись условия жизни, и те группы организмов, которые ещё недавно были процветающими, оптимально приспособленными, постепенно регрессировали, их численность сокращалась, и они вымирали.

В середине палеозойской эры вымерли псилофиты, давшие начало папоротникообразным растениям. Спустя более 100 млн лет та же участь постигла большинство древовидных папоротников, хвощей и плаунов, а позднее, в начале мезозойской эры, вымерли и семенные папоротники. Исчезло большинство древних земноводных и пресмыкающихся. В настоящее время регрессирует семейство гинкговых, представленное единственным видом (рис. 40). Всего два вида входит в современный род выхухолей.

Одним из хорошо известных примеров вымирания видов служит исчезновение гигантского оленя, жившего в ледниковую эпоху на громадной территории – по всей Европе от Ирландии до Сибири и Китая, а на юге – до Северной Африки. Самцы этого оленя обладали огромными рогами массой до 25 кг и размахом примерно до 3 м (рис. 41). Ни у каких других представителей этого семейства не было столь крупных рогов. Гигантский олень обитал на открытых, поросших травой пространствах с редкими скоплениями деревьев. После завершения последнего оледенения около 11 тыс. лет назад открытые пространства стали постепенно сменяться лесами. Гигантский олень не смог выжить в густом лесу. Изменения климата и растительности оказались неблагоприятными для этого вида и стали причиной его вымирания.

Рис. 40. Гинкго двулопастный – единственный сохранившийся вид семейства гинкговых

Некоторые виды, в ходе эволюции уходя от конкуренции с другими группами, становились высокоспециализированными формами, благополучие которых полностью зависело от существования определённого экологического фактора. Например, растения, произрастающие на сильно засолённых почвах, организмы, живущие при очень высоких или, наоборот, низких температурах, в условиях острого дефицита воды и т. п. Такие виды представляют собой тупиковые ветви биологической эволюции, которые вымирают при изменении этих экстремальных условий.

Часто, особенно в последние 10 тыс. лет, причиной биологического регресса, ведущего к вымиранию, становилась деятельность человека (§ 30), который определял судьбу многих видов, непосредственно истребляя их или изменяя условия их среды обитания. В начале XVII в. был уничтожен дикий бык – тур, к середине XVIII в. исчезли морские стеллеровы коровы.

Рис. 41. Гигантский олень (вымерший вид)

Сохранение многообразия видов. Для устойчивого развития биосферы необходимо сохранение многообразия видов. Чем богаче будет флора и фауна Земли, тем меньше угроза нарушения общего равновесного состояния биосферы при изменении условий. Существование широкого внутривидового многообразия позволяет определённому виду легко адаптироваться к меняющимся условиям среды. Точно так же наличие самых различных видов позволяет всей живой природе гибко приспосабливаться к внешним условиям, сохраняя свою целостность. Сохранение генетического разнообразия – материала для эволюции – способствует прогрессивному развитию биосферы.

При изменении климатических и других условий на древней Земле всегда находились виды, которые получали преимущества в новых условиях и эволюционировали, адаптируясь и постепенно занимая господствующее положение. В настоящее время многие виды страдают от так называемой *генетической эрозии,* т. е. сокращается и обедняется их общий генофонд. Это не даёт им возможности быстро реагировать на изменение условий, поэтому

редкие малочисленные виды могут исчезать.

Вопросы для повторения и задания

1. Что такое биологический прогресс?
2. Что является показателями биологического прогресса; регресса?
3. Как можно объяснить существование на Земле живых организмов разной степени сложности?
4. Какое направление биологической эволюции поднимает группу организмов на более высокую ступень организации?
5. Каковы причины вымирания видов?
6. Объясните, что такое генетическая эрозия.

Подумайте! Выполните!

1. Приведите примеры видов, находящихся на пути биологического прогресса; биологического регресса.
2. Поясните на конкретных примерах, как упрощение строения может способствовать биологическому прогрессу.
3. Какими путями достигается биологический прогресс – всегда ли за счёт морфофизиологического прогресса? Объясните свою точку зрения.

Работа с компьютером

Обратитесь к электронному приложению. Изучите материал и выполните задания.

Узнайте больше

Главные направления эволюции. Развитие живой природы – это длительный и сложный процесс. В целом развитие органического мира происходило от простого к сложному. На основе простых одноклеточных форм появились многоклеточные организмы. Организмы усложнялись – возникали ткани, органы и системы органов. Крупные эволюционные изменения позволяли организмам осваивать новые места обитания или новые источники питания. С помощью частных приспособлений организмы приспосабливались к конкретным условиям обитания. В некоторых случаях оказывалось более выгодно перейти к сидячему образу жизни или паразитизму, и это вело к упрощению организации. Так, зародившись в океане, жизнь постепенно заняла всю планету.

Анализируя историческое развитие живой природы и

конкретные адаптации, возникающие в процессе эволюции, российские учёные Алексей Николаевич Северцов и Иван Иванович Шмальгаузен определили три главных направления прогрессивной эволюции: ароморфоз, дегенерация и идиоадаптация (рис. 42).

Ароморфоз (арогенез). *Ароморфоз* – это крупное эволюционное изменение, ведущее к общему усложнению организации. Ароморфозы позволяют организмам осваивать принципиально новые местообитания или существенно повышать свою конкурентоспособность в прежних местообитаниях. Они сохраняются в дальнейшей эволюции и приводят к появлению крупных систематических групп, рангом выше семейства.

Один из первых крупнейших ароморфозов – появление эукариотической клетки. Общими ароморфозами для всех царств эукариотов стали появление многоклеточности и полового размножения. В эволюции животных важнейшими ароморфозами можно считать формирование сквозной пищеварительной системы, образование первичной и вторичной полостей тела, замена гладкой мускулатуры (у червей) на поперечно-полосатую (у членистоногих), возникновение замкнутой системы кровообращения, оформление скелета (внутреннего или внешнего), развитие нервной системы, появление теплокровности, живорождения. В качестве примеров крупных ароморфозов в растительном царстве можно привести появление проводящей системы, связавшей части растения в единое целое, формирование семени, появление цветка.

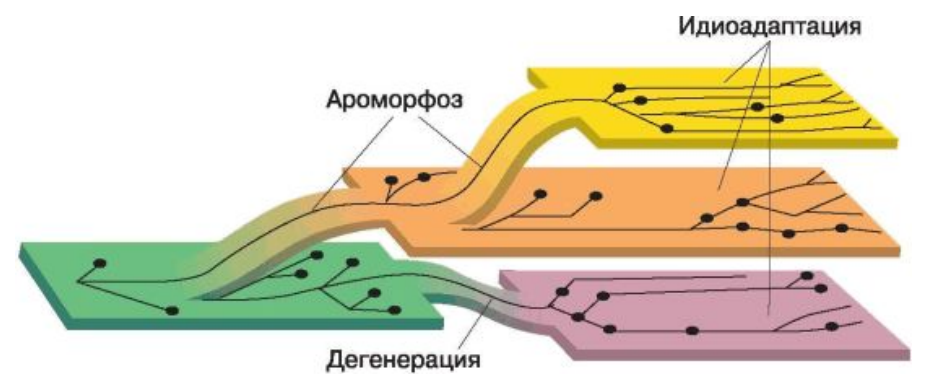


Рис. 42. Схема соотношения между ароморфозом, идиоадаптацией и дегенерацией

Общая дегенерация (катагенез). *Общая дегенерация* – это эволюционное изменение, ведущее к упрощению организации, к утрате ряда систем и органов. Как правило, дегенерация возникает в связи с переходом организмов к паразитизму или

малоподвижному образу жизни. У паразитических ленточных червей нет пищеварительной системы, слабо развита нервная система и органы чувств. Однако взамен у них появляются различные частные приспособления – присоски, крючки, которые помогают им удержаться в кишечнике хозяина. Наиболее прогрессивного развития у паразитов достигает половая система. Например, бычий цепень, паразитирующий в кишечнике человека, за свою жизнь (18–20 лет) образует около 11 млрд яиц. Высокая плодовитость и жизнь под защитой тела хозяина ведёт к процветанию вида-паразита, однако ставит его в тесную зависимость от вида-хозяина.

Паразитизм в природе распространён очень широко у грибов, червей, бактерий и других организмов. Среди растений тоже есть свои паразиты, утратившие способность к фотосинтезу. Повилика – растение семейства Вьюнковые – паразитирует на льне, клевере, картофеле и других растениях. Обвиваясь вокруг растения-хозяина, она внедряет в его ткань «присоски» (гаустории) и питается его соками.

Редукция органов может происходить также при переходе к малоподвижному образу жизни или при резком сужении экологической ниши. Например, потеря зрения у животных, обитающих под землёй (кроты), утрата способности к полёту у ряда птиц и, как следствие, исчезновение киля (киви, страусы) и т. п.

Общая дегенерация – это тупиковый путь специализации. Утраченные органы и системы не могут возникнуть вновь, эволюция не имеет обратного пути. Однако в целом общая дегенерация не исключает процветания вида и поэтому тоже является направлением прогрессивной эволюции.

Идиоадаптация (аллогенез). *Идиоадаптации* – это конкретные адаптации к определённым специфическим условиям обитания, полезные в борьбе за существование, но не изменяющие общего уровня организации. Идиоадаптации облегчают выживание и повышают конкурентоспособность организмов в данных условиях обитания.

Путём идиоадаптаций в процессе эволюции возникают мелкие систематические группы: виды, роды, семейства.

Появление крыла у птиц является ароморфозом, а форма крыльев и способы полёта – идиоадаптациями; цветок – это крупнейший ароморфоз в эволюции растительного мира, а формы, размеры, окраска цветка – идиоадаптации. Покровительственная окраска животных, плоская форма тела придонных рыб, отличия в строении конечностей у представителей одного отряда млекопитающих – всё это

многочисленные примеры идиоадаптаций.

Крайнюю степень приспособления к ограниченным условиям существования называют *специализацией.* Специализация резко снижает межвидовую конкуренцию, но приводит к тому, что вне этих узких условий организмы жить не могут. Таковы, например, колибри, которые питаются только нектаром тропических цветков, или коалы, питающиеся исключительно побегами и листьями эвкалипта. Специализация снижает эволюционные возможности вида, поэтому если условия жизни меняются, то специализированный вид обычно вымирает.

Повторите и вспомните!

Зоология

Подтип Личиночно-хордовые (Оболочники) как пример тупиковой ветви эволюции. Оболочники – это многочисленная группа (около 1,5 тыс. видов) исключительно морских организмов, у которых все основные признаки типа хордовых отчётливо выражены только на стадии личинки. Подтип включает несколько классов, основными из которых являются Асцидии, Сальпы, Аппендикулярии. Часть видов ведёт прикреплённый образ жизни (асцидии), другие медленно перемещаются в толще воды (сальпы, аппендикулярии). Живут оболочники поодиночке или образуют колонии.

Форма тела мешковидная или бочкообразная. Снаружи тело оболочников покрыто толстой оболочкой – туникой, которую выделяют клетки эпителия. У асцидий в состав туники входит вещество, сходное с целлюлозой растений. Питаются пассивно, фильтруя большое количество воды. Кровеносная система незамкнутая, лакунарного типа. Выделение происходит через всю поверхность тела. Гермафродиты размножаются как половым, так и бесполым путём (почкованием). Оплодотворение наружное, перекрёстное. У асцидий из оплодотворённых яиц развиваются личинки, активно плавающие в толще воды.

До работ А. О. Ковалевского, изучавшего эмбриональное развитие представителей различных групп животных, оболочников относили к беспозвоночным животным. Исследования А. О. Ковалевского доказали, что оболочники относятся к типу хордовых.

Свободноплавающая личинка асцидии похожа на головастика и имеет все признаки хордовых животных. Она состоит из туловища и хвоста. В хвосте находится хорда, над ней нервная трубка, в переднем расширении которой расположен орган

равновесия и примитивный глазок. Глотка пронизана жаберными щелями. Жизнь личинки очень короткая. Спустя примерно сутки она оседает на дно и головным концом прикрепляется к субстрату. Её дальнейшее развитие – пример регрессивного метаморфоза. Хвост и вместе с ним хорда исчезают. Большая часть нервной трубки вместе с органами чувств исчезает, оставшаяся часть превращается в одиночный ганглий. Глотка расширяется, ротовое и анальное отверстия перемещаются наверх, образуя два сифона. Тело приобретает типичный для взрослой особи мешковидный облик.

Предполагают, что оболочники довольно рано обособились от примитивных малоподвижных хордовых животных, постепенно перейдя к неподвижному или малоподвижному образу жизни. Защитная оболочка (туника), хорошо развитый фильтрационный аппарат, бесполое размножение почкованием, подвижная личинка обеспечили им успех в борьбе за существование и позволили занять свою экологическую нишу. Многочисленные обитатели морей и океанов – оболочники играют важную роль в морских биоценозах.

13. Доказательства эволюции органического мира

Вспомните!
Что такое эволюция?
Какие вы знаете доказательства существования эволюции?

Эволюция – это очень длительный исторический процесс, который невозможно непосредственно наблюдать на протяжении ограниченного времени. Жизнь одного человека и существование человечества в целом несоизмеримы по временному масштабу с эволюционными преобразованиями на нашей планете. Процессы формирования крупных таксонов могут продолжаться миллионы лет. Реальное существование эволюционных процессов подтверждают факты, полученные разными естественными науками: палеонтологией, морфологией, систематикой, эмбриологией и многими другими. Рассмотрим основные существующие на сегодняшний день доказательства эволюции живой природы.

Цитология и молекулярная биология. Все живые организмы – растения, грибы, животные, бактерии – состоят из клеток, имеющих общий план строения и сходный химический состав. Универсальность генетического кода, единые принципы хранения, реализации и передачи генетической информации – это подтверждение того, что всё живое имеет единое происхождение.

Сравнительная морфология. Сходство во внешнем и внутреннем строении организмов, принадлежащих к одной систематической группе, свидетельствует об их родстве и общем происхождении.

Конечность у всех наземных позвоночных, от земноводных до млекопитающих, построена по единому плану – пятипалая конечность рычажного типа. У каждого вида скелет конечности модифицирован в зависимости от способа передвижения и приспособлен к конкретным условиям обитания, но принципиальная схема строения остаётся неизменной (см. рис. 6). Такие органы, развивающиеся из одних и тех же зачатков в процессе эмбрионального развития и выполняющие разные или сходные функции, называют *гомологичными органами.* Существование гомологии органов внутри крупной группы организмов свидетельствует об их происхождении от общего предка.

Рис. 43. Крылья птицы и стрекозы

В систематических группах, далеко отстоящих друг от друга, мы тоже можем обнаружить структуры, выполняющие одинаковые функции и имеющие внешнее сходство, например крылья насекомых и птиц (рис. 43). Однако в отличие от гомологичных органов эти структуры имеют разное происхождение и строение, их называют *аналогичными органами.* Наличие у разных видов похожих, но не гомологичных органов подтверждает отсутствие у этих видов близкого родства.

Важным анатомическим доказательством эволюции служат рудименты и атавизмы. *Атавизмы* – это появляющиеся у отдельных особей данного вида признаки, которые существовали у отдалённых предков, но были утрачены в процессе эволюции. Например, появление трёхпалой конечности у современных лошадей, развитие дополнительных пар молочных желёз, хвоста или сплошного волосяного покрова у человека. Возникновение атавизмов объясняется тем, что гены, отвечающие за развитие этих признаков, в процессе эволюции сохранились, но при нормальном развитии их действие блокируется.

Рудименты – это органы, утратившие в процессе эволюции своё значение. Они закладываются во время эмбриогенеза, но полностью не развиваются. Когда-то у далёких предковых форм эти органы имели важное значение, но в дальнейшем в связи с изменениями условий существования перестали быть необходимыми. Примерами рудиментов могут служить неразвитые кости задних конечностей и остатки тазового пояса у китообразных, хвостовые позвонки и ушные мышцы у человека (рис. 44). В отличие от атавизмов, рудименты присутствуют у всех представителей вида.

Иногда в процессе эволюции в определённых условиях среды получает преимущество и сохраняется некая *переходная форма,* соединяющая в себе признаки разных классов. Например, утконос и ехидна относятся к млекопитающим, но откладывают яйца и имеют клоаку, как пресмыкающиеся, а у кистепёрой рыбы латимерии кроме жабр есть примитивные лёгкие, а её парные плавники обладают мускулатурой и напоминают по строению

конечность наземных позвоночных.

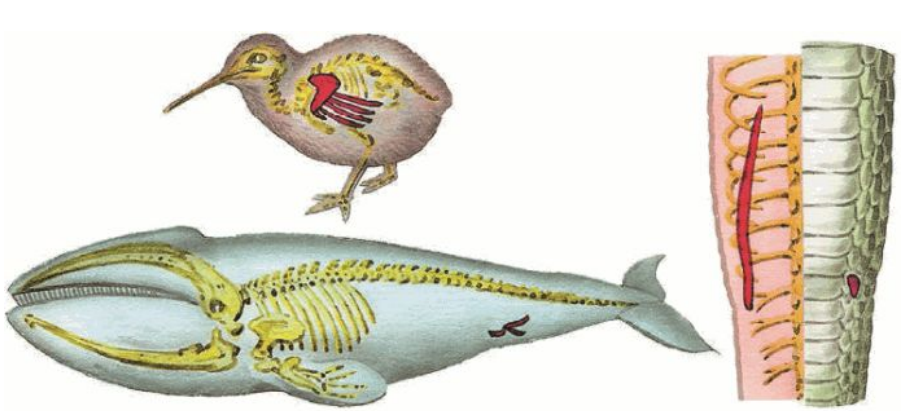


Рис. 44. Рудименты: крыло нелетающей птицы киви; остатки тазового пояса у кита и конечностей у змеи

Палеонтология. Изучение ископаемых остатков живых организмов, их следов и отпечатков, обнаруженных в разных геологических слоях, позволяет проследить историческое развитие живой природы. В наиболее древних породах разнообразие организмов невелико, и все они имеют относительно простое строение. В более молодых отложениях остатки имеют всё более сложное строение, и их видовое разнообразие гораздо шире. Учёные обнаружили много переходных форм между ныне живущими и ископаемыми организмами, например зверозубые ящеры, напоминающие по строению зубов и скелета млекопитающих, археоптерикс, сочетающий признаки птиц (общий вид, строение конечностей, перья на теле) и пресмыкающихся (наличие зубов, брюшных рёбер) (рис. 45).

В некоторых случаях по ископаемым остаткам учёным удалось установить, как проходил *филогенез* (историческое развитие) определённой группы организмов. Владимиру Онуфриевичу Ковалевскому удалось проследить эволюцию лошади с начала кайнозойской эры (рис. 46). Предки лошадей произошли от невысоких всеядных животных с пятипалыми конечностями. Первый представитель семейства лошадей эогиппус, или гиракотерий, был размером с лисицу и имел четырёхпалые передние и трёхпалые задние конечности. В дальнейшем, когда тропические леса уступили место степям, основным средством защиты стал быстрый бег. Естественный отбор у древних лошадей шёл в направлении удлинения конечностей, уменьшения площади опоры, усиления мускулатуры и позвоночника. Найденные ископаемые формы, позволившие

реконструировать последовательный эволюционный ряд лошади, подтверждают эволюционную теорию.

А

Б

Рис. 45. Археоптерикс: А – внешний вид (реконструкция); Б – отпечаток

Интересно, что лошади, жившие в Северной Америке в течение миллионов лет, вымерли несколько тысяч лет назад, как раз в тот период, когда на этом континенте появился человек. Существуют данные о том, что древние люди использовали лошадей в пищу. Повторно лошади были завезены в Северную Америку не более 500 лет назад.

Эмбриология. В пользу эволюционного развития органического мира свидетельствует то, что все многоклеточные

организмы, способные к половому размножению, развиваются из одной оплодотворённой яйцеклетки (зиготы).

Эпоха и возраст	Род, внешний вид и высота (в холке)	Кости правой передней ноги	Образ жизни и изменения в строении тела
Современная эпоха и плейстоцен 1×10^6 лет	Лошади До 1,6 м		Адаптированы к жизни в сухих степях. Очень быстро бегают. Пястье и плюсневые кости удлинены. Расширенная 3-я фаланга покрыта роговым копытом (видоизменённый коготь)
Миоцен 26×10^6 лет	Меригиппус До 1,0 м		Очень сухая среда – прерии. Быстрота бега становится важнее. Редукция 2-го и 4-го пальцев. При беге опора на 3-й палец. Удлинение оставшихся пястных и плюсневых костей
Олигоцен 38×10^6 лет	Мезогиппус До 0,6 м		Сухая среда – леса и прерии. Быстрота передвижения важна для бегства от врагов. Хорошо различимы только три пальца. 3-й палец сильно увеличен
Эоцен 54×10^6 лет	Эогиппус Примерно 0,4 м		Величиной с лисицу. Обитал на мягкой почве вблизи рек. Четыре пальца на передних и три на задних ногах увеличивали площадь опоры

Рис. 46. Эволюция лошади

Легко обнаружить родство между организмами при сравнении их эмбриональных стадий развития. Ещё в первой половине XIX в. Карл Бэр установил *закон зародышевого сходства:*

эмбрионы различных классов и видов позвоночных животных обнаруживают в пределах типа большое сходство (рис. 47). Причём наиболее похожи эмбрионы на ранних стадиях развития. Позднее немецкие учёные Фриц Мюллер и Эрнст Геккель сформулировали *биогенетический закон:* онтогенез особи есть краткое повторение филогенеза данного вида. Позднее этот закон уточнил российский учёный Алексей Николаевич Северцов. Он установил, что *любой организм в своём индивидуальном развитии повторяет не взрослые формы предков, а эмбриональные стадии развития предковых форм.* В эмбриогенезе у всех позвоночных закладывается хорда, которая у ланцетника остаётся на всю жизнь, а у высших позвоночных в дальнейшем замещается позвоночником. На ранних стадиях развития у зародышей птиц и млекопитающих (включая человека) сердце состоит всего из двух отделов: предсердия и желудочка, а в глотке закладываются жаберные щели и перегородки, что объясняется происхождением этих классов от предков, дышащих жабрами.

Биогеография. Наука о закономерностях распространения на Земле живых организмов тоже располагает данными в пользу эволюционных преобразований живой природы. Распределение животных и растений на планете имеет неравномерный, прерывистый характер, который нельзя объяснить только климатическими особенностями. Дрейф континентов, который приводил к возникновению географической изоляции, объясняет особенности развития и распространения видов.

Раннее отделение Австралии, Океании и Южной Америки привело к тому, что на этих территориях сохранилась древняя фауна (сумчатые и яйцекладущие млекопитающие), эволюция которой шла независимо от фауны других материков. Очень похож животный и растительный мир Евразии и Северной Америки – континентов, которые сравнительно недавно ещё были связаны друг с другом сушей в районе Берингова пролива. Напротив, природа Южной и Северной Америки значительно отличается, потому что эти континенты в недалёком прошлом были самостоятельными участками суши и лишь позднее соединились Панамским перешейком.

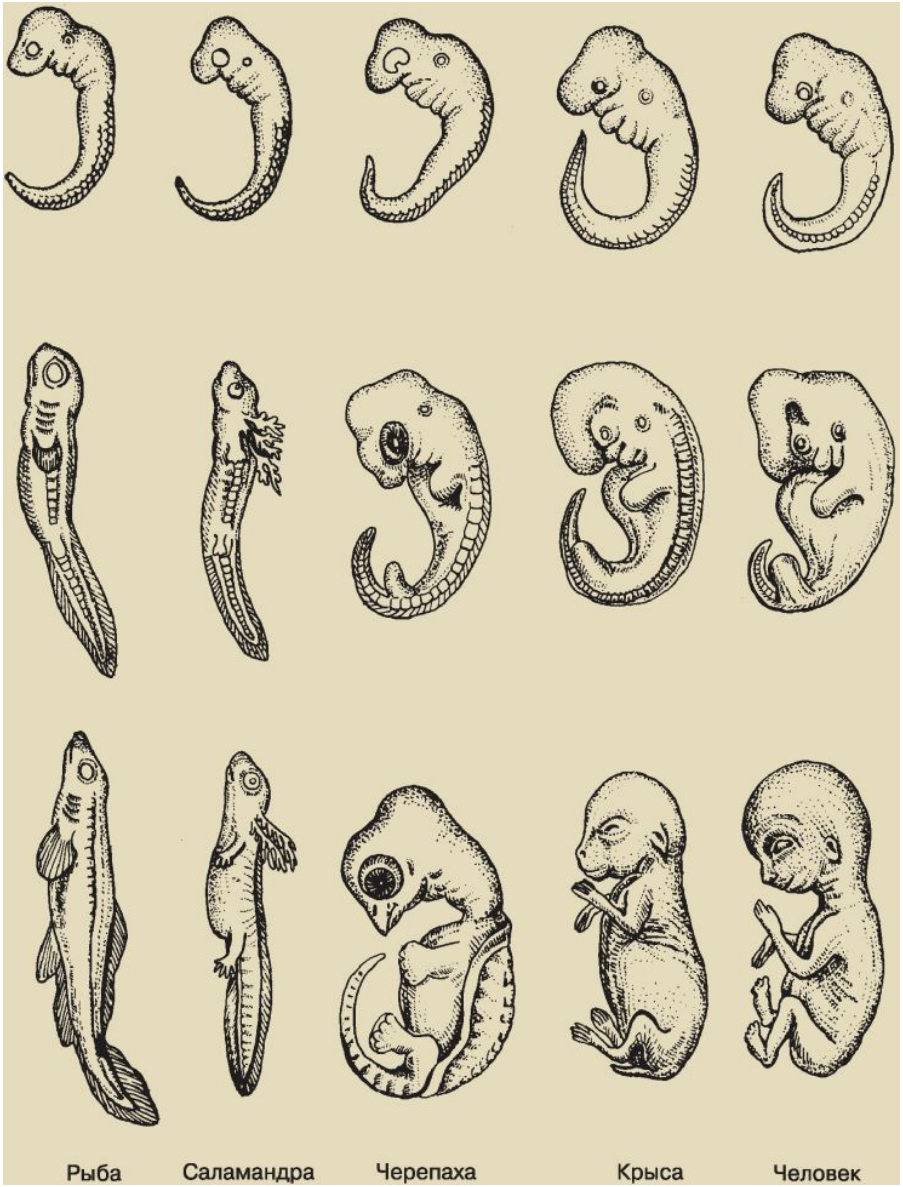


Рис. 47. Сходство эмбрионов позвоночных на ранних стадиях развития

Мы привели далеко не полный перечень доказательств в пользу существования эволюционного процесса, но даже этого достаточно, чтобы убедиться в том, что эволюция живых организмов – это реальный процесс, существующий во времени и пространстве.

Вопросы для повторения и задания

1. Докажите существование эволюции с точки зрения

эмбриологии.

2. Расскажите о палеонтологических доказательствах эволюционного процесса.

3. Какие органы называют гомологичными, какие – аналогичными?

4. Приведите примеры сходства строения органов у неродственных групп животных, обитающих в одинаковых условиях.

5. Объясните, каковы причины существования рудиментов и появления атавизмов. Почему они служат доказательствами процесса эволюции?

Подумайте! Выполните!

1. Объясните, почему в природе в процессе эволюции у разных видов организмов, далеко отстоящих друг от друга, появляются аналогичные органы.

2. Используя дополнительную литературу и ресурсы Интернета, выясните, почему расположенный у восточного берега Африки остров Мадагаскар является местом огромного скопления эндемичных видов. К какой группе доказательств существования эволюции можно отнести этот факт?

3. Опираясь на знания, полученные на уроках зоологии, докажите, что малая берцовая кость у птиц является рудиментом.

Работа с компьютером

Обратитесь к электронному приложению. Изучите материал и выполните задания.

Узнайте больше

Особенности строения как результат эволюции. В ходе эволюции каждый новый элемент формируется из существующих ранее за счёт последовательных приспособительных изменений. Эта особенность является причиной некоторых специфических несообразностей в строении живых организмов. Например, у млекопитающих возвратный гортанный нерв в составе блуждающего нерва идёт от мозга к сердцу. Далее, выделившись из блуждающего нерва, уже в качестве самостоятельного нерва огибает дугу аорты и возвращается к гортани. В результате нерв проходит гораздо более длинный путь, чем необходимо. Особенно наглядно эта проблема видна на примере жирафа, у которого длина возвратного нерва может достигать 4 м, хотя

расстояние от мозга до гортани – всего несколько сантиметров. Такое взаимное расположение нервов и сосудов млекопитающие унаследовали от древних рыбообразных предков, у которых, как и у всех рыб, не было шеи.

Повторите и вспомните!

Растения

Гомологичные и аналогичные органы растений. *Гомологичные* органы растений имеют одинаковое происхождение, но могут различаться формой и выполняемыми функциями, например луковица и корневище. *Аналогичные* органы, наоборот, внешне сходны, выполняют одинаковые функции, но имеют разное происхождение, например колючки барбариса и боярышника.

Видоизменения листьев. В ходе эволюции в связи с приспособлением к условиям обитания у многих растений наряду с настоящими листьями возникали их разнообразные видоизменения.

Наиболее распространенное видоизменение листьев – *колючки.* У барбариса острые колючки – это бывшие листья, в которых не развивается мезофилл. Листовое происхождение имеют и колючки кактусов. Колючки играют защитную роль, предохраняя растения от поедания животными, и снижают испарение, уменьшая площадь поверхности листьев.

У многих представителей семейства бобовых листья превратились в *усики.*

У насекомоядных (хищных) растений листья превратились в особые *ловчие аппараты.* При нехватке в почве азота и минеральных веществ насекомые являются хорошим дополнительным питанием этим удивительным растениям.

У многих растений листья видоизменяются в *чешуйки.* Толстые сочные чешуи луковицы запасают питательные вещества. Чешуйки, покрывающие почки, выполняют защитную функцию, а листья-чешуйки саксаула способствуют снижению транспирации.

Основные *части цветка* (лепестки венчика, листочки чашечки, тычинки и пестик) – это тоже видоизменённые листья.

Видоизменения побегов. В процессе эволюции в связи с выполнением побегами дополнительных функций у растений возникали их разнообразные видоизменения.

Вегетативное размножение и расселение выполняют *столоны* – надземные или подземные, обычно недолговечные побеги с длинными, тонкими междоузлиями и чешуевидными,

бесцветными, реже зелёными листьями.

Корневище – это подземный горизонтальный (папоротник, злаки), косо растущий (земляника) и даже вертикальный (вех) побег многолетних травянистых растений, внешне напоминающий корень. В отличие от корня, корневище не имеет корневого чехлика, несёт верхушечную и пазушные почки, расчленено на узлы и междоузлия. Из почек развиваются надземные побеги и новые корневища, а в узлах образуются придаточные корни.

Подземный (реже надземный) укороченный побег, имеющий уплощённый стебель – донце, от которого отходят придаточные корни, называют *луковицей.* На донце располагаются чешуевидные сочные, мясистые листья. Луковичные широко распространены в степях и полупустынях (тюльпаны), но встречаются и в лесной зоне (подснежники).

Клубень – это видоизменённый побег, стебель которого, прекративший верхушечный рост, сильно разрастается в толщину и накапливает запасные вещества (крахмал, реже масла). Подземные клубни часто развиваются на столонах и несут недоразвитые листья («бровки»), пазушные почки которых называют «глазками» (картофель). У капусты кольраби надземные клубни формируются на главном побеге и несут зелёные листья.

Корневища, луковицы и клубни запасают питательные вещества, обеспечивают вегетативное размножение и переживание неблагоприятных для роста растений сезонов.

Другими видоизменениями надземных побегов являются *колючки* стеблевого происхождения (боярышник, дикая яблоня, дикая груша); *кладодии* – уплощённые стебли, способные к фотосинтезу; ползучие стебли – *усы* (с длинными междоузлиями) и *плети* (с укороченными междоузлиями), служащие для вегетативного размножения.

Человек

Рудимент человека – аппендикс. От слепой кишки толстого кишечника отходит червеобразный отросток – *аппендикс.* Аппендикс человека имеет длину от 2 до 20 см и не участвует в расщеплении пищи. Воспаление этого отростка вызывает заболевание – аппендицит. У человека появляется боль в правой паховой области, возникает рвота, поднимается температура. Аппендицит опасен тем, что из аппендикса инфекция может попасть в брюшную полость и вызвать опасное для жизни воспаление – перитонит. Острый аппендицит требует немедленного хирургического удаления аппендикса. При болях в животе необходимо срочно вызвать врача, а до его прихода

больному нельзя давать слабительные или обезболивающие препараты, класть на живот грелку, ставить клизму. До выяснения окончательного диагноза следует также воздержаться от приёма пищи.

14. Развитие представлений о происхождении жизни на Земле

Вспомните!
Что такое жизнь?
Назовите основные свойства живого.

Вопросы о происхождении жизни на Земле и о возникновении самой Земли всегда волновали человечество. Являясь вечными и глобальными, эти проблемы и сегодня ещё далеки от решения. Мы располагаем доказательствами эволюции органического мира, но как происходило возникновение жизни на Земле, мы можем только предполагать. За всю свою историю человечество создало множество теорий и выдвинуло гипотезы, которые пытались объяснить, когда и как появилась жизнь на нашей планете.

Креационизм. Согласно концепции *креационизма,* жизнь возникла в прошлом в результате уникального акта творения. В идею сотворения мира можно верить, но её нельзя доказать. Так как процесс божественного сотворения мира произошёл, по мнению её сторонников, лишь однажды и, следовательно, его невозможно наблюдать, повторить или смоделировать, то наука не может изучать это происхождение жизни как явление. Поэтому концепция креационизма вряд ли когда-либо будет доказана или опровергнута.

Гипотеза самопроизвольного зарождения. Сторонники данной гипотезы утверждали, что живые организмы возникали неоднократно из неживой материи путем самозарождения (концепция *абиогенеза*). Эти идеи были распространены в Древнем Китае, Вавилоне и Египте и являлись альтернативой концепции креационизма. Крупнейший учёный Древней Греции Аристотель, основатель биологии, считал, что существует некое «активное начало», которое может создать живой организм. Совершенно справедливо считая, что подобное активное начало присутствует в оплодотворённом яйце, он приписывал такое же свойство тине, солнечному свету и гниющему мясу.

После распространения в Европе христианства идеи самопроизвольного зарождения жизни отступили на второй план, но не потеряли всех своих приверженцев. Знаменитый фламандский учёный Ван Гельмонт (1579–1644) сообщил об «удачном» эксперименте по созданию мышей в тёмном шкафу из грязной рубашки и горсти зерна пшеницы. Исследователь считал, что активным началом в процессе самозарождения мышей служил

человеческий пот.

Серьёзный удар по концепции абиогенеза нанесли эксперименты итальянского врача Франческо Реди. В 1688 г. Реди установил, что маленькие белые червеобразные личинки мух появляются не из гнилого мяса, а из яиц, отложенных мухами. В сосудах с гнилым мясом, закрытых марлей, личинки не появлялись, а в открытых сосудах, куда свободно залетали мухи, через несколько дней Реди обнаружил множество личинок. Результаты этих экспериментов подтвердили концепцию *биогенеза,* согласно которой жизнь может возникнуть только из уже существующей жизни.

После изобретения микроскопа идея самозарождения обрела второе дыхание. Её сторонники утверждали, что уж простейшие одноклеточные организмы точно возникают из неживой материи. Опыты итальянского учёного Ладзаро Спалланцани (1765) и молодого российского исследователя Мартына Матвеевича Тереховского (1775) доказали, что, если мясные или овощные отвары прокипятить, а затем герметично закрыть, никаких признаков жизни в них обнаружить невозможно, т. е. никакие микроорганизмы в них не появляются. Однако многие учёные считали, что эти доказательства неубедительны, потому что в закрытый сосуд не может проникнуть «жизненная сила», необходимая для самозарождения жизни. Требовались новые, более достоверные доказательства.

Парижская академия наук объявила конкурс на лучшее решение вопроса о том, возможно ли в обычных условиях самозарождение жизни. Эту проблему блестяще решил выдающийся французский учёный Луи Пастер. Он повторил опыт Спалланцани в открытом сосуде. Для этого он сделал специальную колбу с длинным тонким горлышком в форме буквы «S» (такие сосуды сейчас называют пастеровскими колбами). Налив в колбу бульон, он прокипятил его на огне, не закрывая горлышко. «Жизненной силе» ничего не мешало проникнуть в колбу, а вот микроорганизмы туда попасть не могли – они оседали на изгибах стеклянной трубки, поэтому бульон оставался стерильным. В колбе с отломанным горлышком бульон мутнел очень быстро, бактерии легко проникали в сосуд и размножались в питательной среде (рис. 48).

Таким образом, опыт Пастера однозначно отрицательно ответил на вопрос о возможности самозарождения жизни, и принцип «всё живое только из живого» мог считаться доказанным. Однако на вопрос о происхождении жизни опыты Пастера не ответили, более того, они породили новую проблему. Если для появления любого живого организма требуется другой живой

организм, если, согласно клеточной теории Шлейдена и Шванна, клетка происходит только от клетки, то откуда взялся тот самый первый организм и та самая изначальная клетка? Может быть, на какой-то стадии истории нашей планеты произошёл переход от неживого к живому? Не было ли это первичным самозарождением?

Гипотеза стационарного состояния, или вечности жизни. Сторонники идеи вечности жизни считают, что жизнь на Земле никто никогда не создавал, потому что она существует вечно. Виды тоже никогда не возникали, они были и есть, и эволюционировать они не могут. Единственное, что им может грозить, это изменение численности или вымирание, если условия станут не подходящими для их существования.

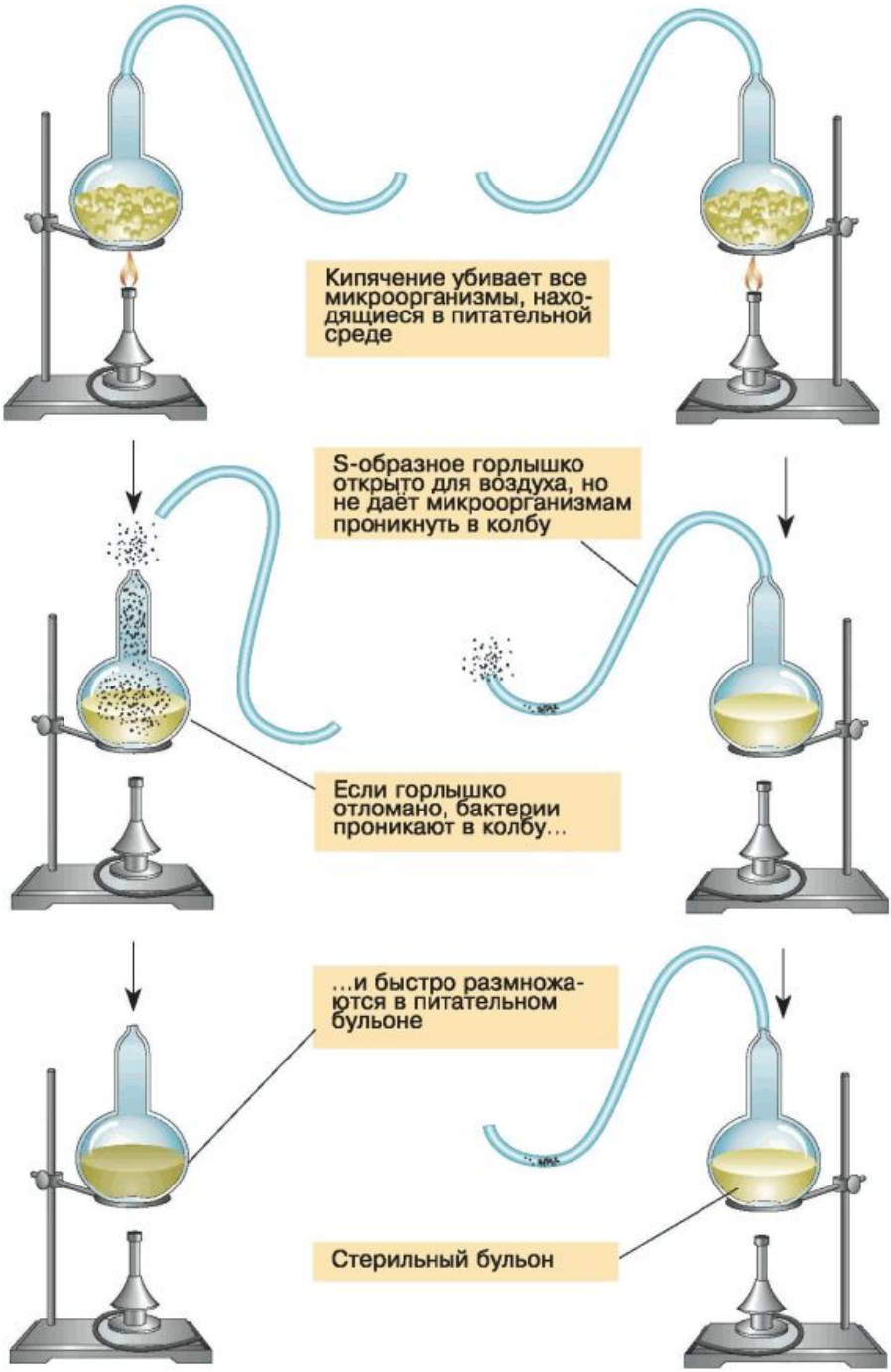

Кипячение убивает все микроорганизмы, находящиеся в питательной среде
S-образное горлышко открыто для воздуха, но не даёт микроорганизмам проникнуть в колбу
Если горлышко отломано, бактерии проникают в колбу...
...и быстро размножаются в питательном бульоне
Стерильный бульон

Рис. 48. Опыт Л. Пастера

Гипотеза панспермии. Эта гипотеза была выдвинута в 1895 г. шведским физиком Сванте Августом Аррениусом. Её сторонником был известный русский учёный В. И. Вернадский.

Так же как и гипотеза стационарного состояния, гипотеза панспермии не предлагает никакого объяснения первичного происхождения жизни. Она утверждает, что жизнь была занесена на Землю из космоса с других планет вместе с метеоритами или космической пылью. Действительно, в последнее время появились сообщения о том, что в метеоритах обнаружены следы некоторых органических веществ, а в 1996 г. в камне, доставленном с Марса, были найдены структуры, похожие на бактерии.

Современные лабораторные исследования доказывают высокую устойчивость некоторых живых организмов к неблагоприятным воздействиям. Споры и семена растений после длительного выдерживания их в жидком кислороде и азоте сохраняют всхожесть. Не теряют способности к оплодотворению сперматозоиды, находившиеся десятки лет в замороженном состоянии в жидком азоте. Споры бактерий сохраняют жизнеспособность в течение тысяч лет и выдерживают колебания температуры от -243 до 140 °С.

Однако гипотеза панспермии не решает проблему возникновения жизни. Она просто переносит её в иную часть нашей Галактики или Вселенной.

Одним из первых проблему возникновения жизни с научной точки зрения попытался решить российский академик Александр Иванович Опарин, выдвинувший гипотезу о возникновении жизни из веществ неорганической природы (*теория биохимической эволюции*). Эта гипотеза легла в основу большинства современных представлений о происхождении жизни на Земле.

Вопросы для повторения и задания

1. Какие условия необходимы для возникновения живых организмов по мнению древнегреческих философов?
2. В чём заключается смысл опытов Ф. Реди?
3. Опишите опыты Л. Пастера, доказывающие невозможность самозарождения жизни в обычных условиях.
4. Что вам известно о гипотезе вечности жизни?
5. Какие вы знаете материалистические теории возникновения жизни?
6. Что вы думаете о гипотезе занесения жизни на Землю из космоса? Приведите возможные доводы «за» и «против» гипотезы панспермии.

Подумайте! Выполните!

1. Объясните, чем опыты Л. Пастера принципиально отличались от опытов Л. Спалланцани и

М. М. Тереховского.

2. Используя дополнительную литературу и ресурсы Интернета, подготовьте сообщение или презентацию о роли российских учёных в развитии представлений о происхождении жизни на Земле.

Работа с компьютером

Обратитесь к электронному приложению. Изучите материал и выполните задания.

15. Современные представления о возникновении жизни

Вспомните!

Какие химические элементы входят в состав белков и нуклеиновых кислот?

Что такое биологические полимеры?

Какие организмы называют автотрофами; гетеротрофами?

Теория биохимической эволюции. Наибольшее распространение в XX в. получила теория биохимической эволюции, предложенная независимо друг от друга двумя выдающимися учёными: российским химиком А. И. Опариным (1894–1980) и английским биологом Джоном Холдейном (1892–1964). В основе этой теории лежит предположение, что на ранних этапах развития Земли существовал продолжительный период, в течение которого абиогенным путём образовывались органические соединения. Источником энергии для этих процессов служило ультрафиолетовое излучение Солнца, которое в то время не задерживалось озоновым слоем, потому что ни озона, ни кислорода в атмосфере древней Земли не было. Синтезированные органические соединения в течение десятков миллионов лет накапливались в древнем океане, образуя так называемый «первичный бульон», в котором, вероятно, и возникла жизнь в виде первых примитивных организмов – пробионтов.

Эта гипотеза была принята многими учёными разных стран, и на её основе в 1947 г. английский исследователь Джон Десмонд Бернал (1901–1971) сформулировал современную теорию возникновения жизни на Земле, названную *теорией биопоэза.*

Бернал выделил три основные стадии возникновения жизни: 1) абиогенное возникновение органических мономеров; 2) образование биологических полимеров; 3) формирование мембранных структур и первичных организмов (пробионтов). Рассмотрим более подробно, что происходило на каждом из этих этапов.

Абиогенное возникновение органических мономеров. Наша планета возникла около 4,6 млрд лет назад. Постепенное уплотнение планеты сопровождалось выделением огромного количества тепла, распадались радиоактивные соединения, от Солнца шёл поток жёсткого ультрафиолетового излучения. Спустя 500 млн лет началось медленное остывание Земли.

Образование земной коры сопровождалось активной вулканической деятельностью. В первичной атмосфере накапливались газы – продукты реакций, происходящих в недрах Земли: двуокись углерода (CO_2), оксид углерода (CO), аммиак (NH_3), метан (CH_4), сероводород (H_2S) и многие другие. Такие газы и в настоящее время выбрасываются в атмосферу при извержениях вулканов.

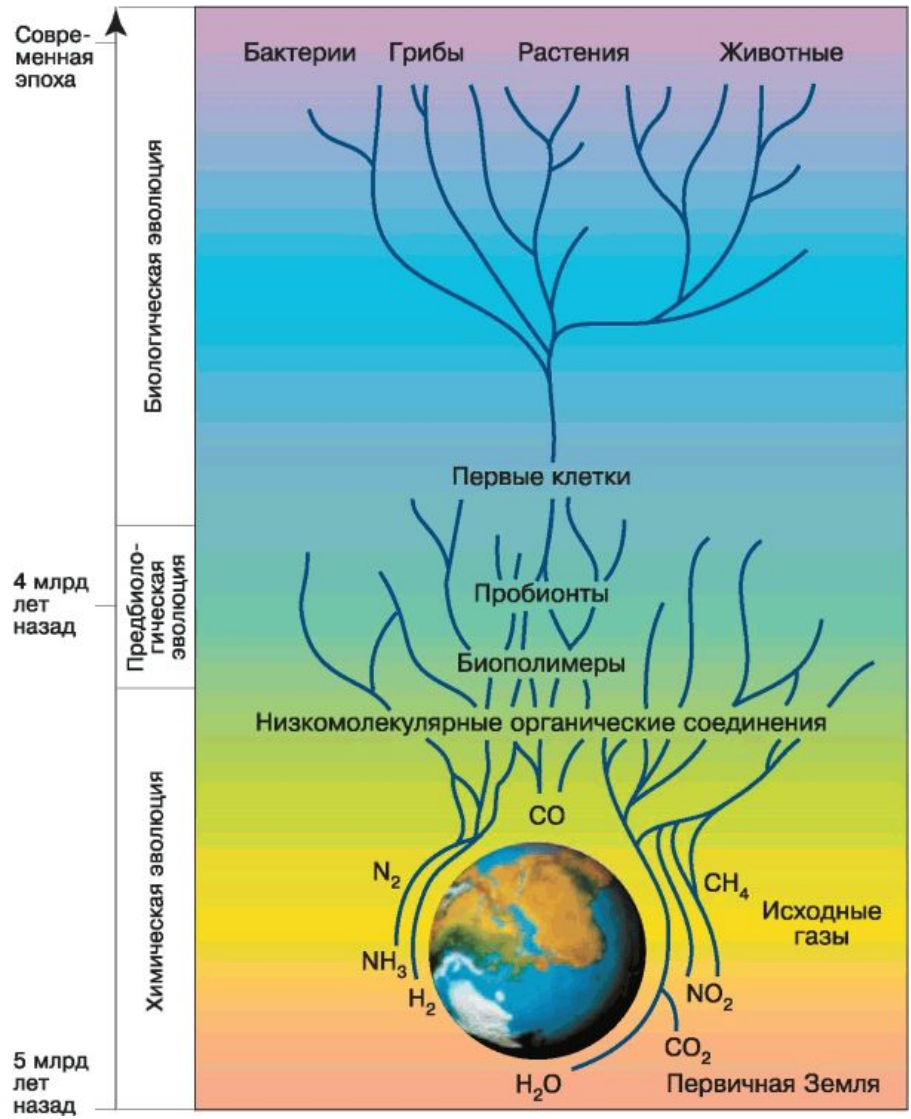


Рис. 49. Основные этапы формирования жизни

Вода, постоянно испаряясь с поверхности Земли, конденсировалась в верхних слоях атмосферы и вновь выпадала в виде дождей на раскалённую земную поверхность. Постепенное

снижение температуры привело к тому, что на Землю обрушились ливни, сопровождающиеся непрерывными грозами. На земной поверхности начали образовываться водоёмы. В горячей воде растворялись атмосферные газы и те вещества, которые вымывались из земной коры. В атмосфере из её компонентов под действием частых и сильных электрических грозовых разрядов, мощного ультрафиолетового излучения, активной вулканической деятельности, которая сопровождалась выбросами радиоактивных соединений, образовывались простейшие органические вещества (формальдегид, глицерин, некоторые аминокислоты, мочевина, молочная кислота и др.). Так как в атмосфере свободного кислорода ещё не было, эти соединения, попадая в воды первичного океана, не окислялись и могли накапливаться, усложняясь в строении и образуя концентрированный «первичный бульон». Это продолжалось в течение десятков миллионов лет (рис. 49).

В 1953 г. американский учёный Стэнли Миллер осуществил эксперимент, в котором смоделировал условия, существовавшие на Земле 4 млрд лет назад (рис. 50). В качестве источника энергии вместо грозовых разрядов и ультрафиолетового излучения учёный использовал электрический разряд высокого напряжения (60 тыс. вольт). Пропускание разряда в течение нескольких дней соответствовало по количеству энергии периоду в 50 млн лет на древней Земле. После окончания эксперимента в сконструированной установке были обнаружены органические соединения: мочевина, молочная кислота и некоторые простые аминокислоты.

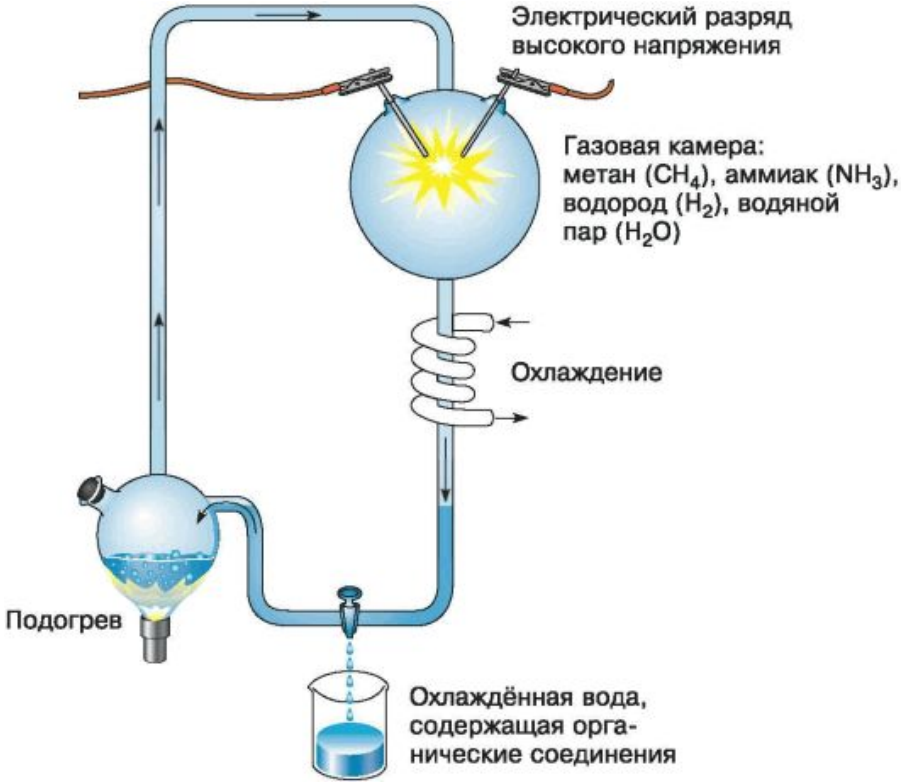


Рис. 50. Эксперимент С. Миллера, имитирующий условия первичной атмосферы Земли

Образование биологических полимеров и коацерватов. Первый этап биохимической эволюции был подтверждён многочисленными экспериментами, а вот что происходило на следующем этапе, учёные могли только предполагать, опираясь на знания химии и молекулярной биологии. По-видимому, образовавшиеся органические вещества взаимодействовали друг с другом и с неорганическими соединениями, попадающими в водоёмы. Часть из них разрушалась, летучие соединения переходили в атмосферу. Высокая температура вызывала постоянное испарение воды из первичных водоёмов, что приводило к многократной концентрации органических соединений. Жирные кислоты, вступая в реакцию со спиртами, образовывали липиды, которые формировали жировые плёнки на поверхности водоёмов. Аминокислоты, соединяясь друг с другом, образовывали пептиды. Важным событием этого этапа стало появление нуклеиновых кислот – молекул, способных к редупликации. Современные биохимики считают, что первыми образовывались короткие цепи РНК, которые могли синтезироваться самостоятельно, без участия специальных

ферментов. Образование нуклеиновых кислот и взаимодействие их с белками стало необходимой предпосылкой для возникновения жизни, в основе которой лежат реакции матричного синтеза и обмен веществ.

Опарин считал, что решающая роль в превращении неживого в живое принадлежала белкам. Благодаря особенностям строения эти молекулы способны образовывать коллоидные комплексы, притягивающие к себе молекулы воды, которые формируют вокруг белков своеобразную оболочку. Такие комплексы, сливаясь друг с другом, образовывали *коацерваты* – структуры, обособленные от остальной массы воды. Коацерваты были способны обмениваться веществами с окружающей средой и избирательно накапливать различные соединения. Поглощение коацерватами ионов металлов приводило к образованию ферментов. Белки в коацерватах защищали нуклеиновые кислоты от разрушающего действия ультрафиолета. Системы такого рода уже обладали некоторыми признаками живого, но для превращения их в первые живые организмы им не хватало биологических мембран.

Формирование мембранных структур и первичных организмов (пробионтов). Мембраны могли образовываться из покрывающих поверхности водоёмов липидных плёнок, к которым присоединялись различные растворённые в воде пептиды. При порывах ветра, при волнении водоёма поверхностная плёнка изгибалась, от неё могли отрываться пузырьки, которые поднимались в воздух и падали обратно, покрываясь вторым липидно-пептидным слоем (рис. 51). Для дальнейшей эволюции жизни важны были те пузырьки, которые содержали в себе коацерваты с белково-нуклеиновыми комплексами. Биологические мембраны обеспечивали защиту и независимое существование коацерватам, создавая упорядоченность биохимических процессов. В дальнейшем сохранялись и превращались в простейшие живые организмы только те структуры, которые были способны к саморегуляции и самовоспроизводству. Так возникли *пробионты* – примитивные гетеротрофные организмы, питавшиеся органическими веществами «первичного бульона». Произошло это 3,5–3,8 млрд лет назад. Закончилась химическая эволюция, наступило время *биологической эволюции* живой материи (см. рис. 49).

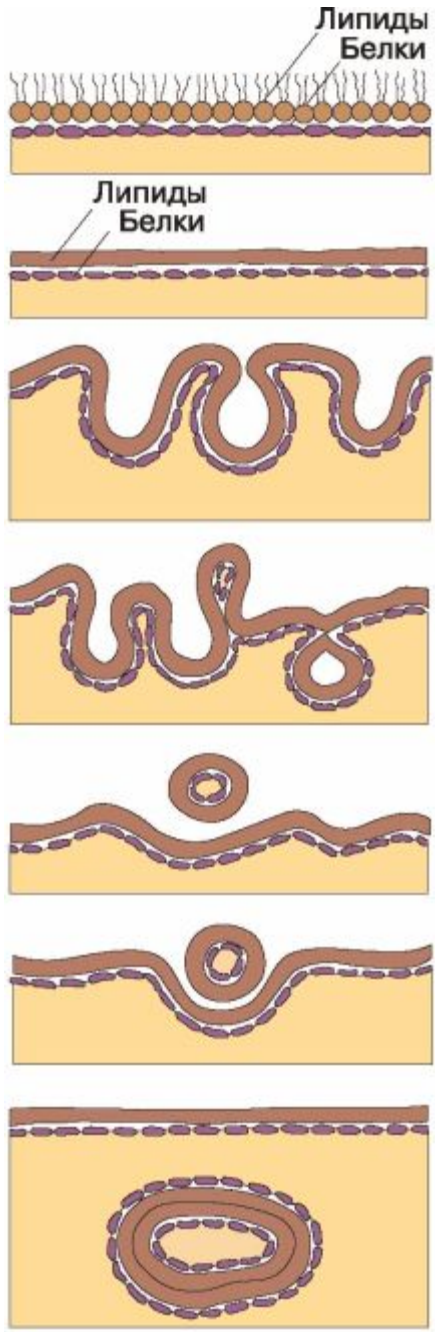


Рис. 51. Формирование мембранных структур (по А. И. Опарину)

Первые организмы. Первые живые организмы были анаэробными гетеротрофами, не имели внутриклеточных структур и были похожи по строению на современных прокариотов. Они получали пищу и энергию из органических

веществ абиогенного происхождения. Но за время химической эволюции, которая длилась 0,5–1,0 млрд лет, условия на Земле изменились. Запасы органических веществ, которые синтезировались на ранних этапах эволюции, постепенно истощались, и между первичными гетеротрофами возникала жёсткая конкуренция, которая ускорила появление автотрофов.

Самые первые автотрофы были способны к фотосинтезу, т. е. использовали в качестве источника энергии солнечную радиацию, но кислород при этом не образовывали. Лишь позднее появились цианобактерии, способные к фотосинтезу с выделением кислорода. Накопление кислорода в атмосфере привело к образованию озонового слоя, который защитил первичные организмы от ультрафиолетового излучения, но при этом прекратился абиогенный синтез органических веществ. Наличие кислорода привело к образованию аэробных организмов, которые сегодня составляют большинство среди живых организмов.

Параллельно с совершенствованием обменных процессов происходило усложнение внутреннего строения организмов: образовывались ядро, рибосомы, мембранные органоиды, т. е. возникали эукариотические клетки (рис. 52). Некоторые первичные гетеротрофы вступали в симбиотические отношения с аэробными бактериями. Захватив их, гетеротрофы начинали использовать их в качестве энергетических станций. Так возникли современные митохондрии. Эти симбионты дали начало животным и грибам. Другие гетеротрофы захватывали не только аэробных гетеротрофов, но и первичных фотосинтетиков – цианобактерий, которые вступали в симбиоз, образуя нынешние хлоропласты. Так появились предшественники растений.

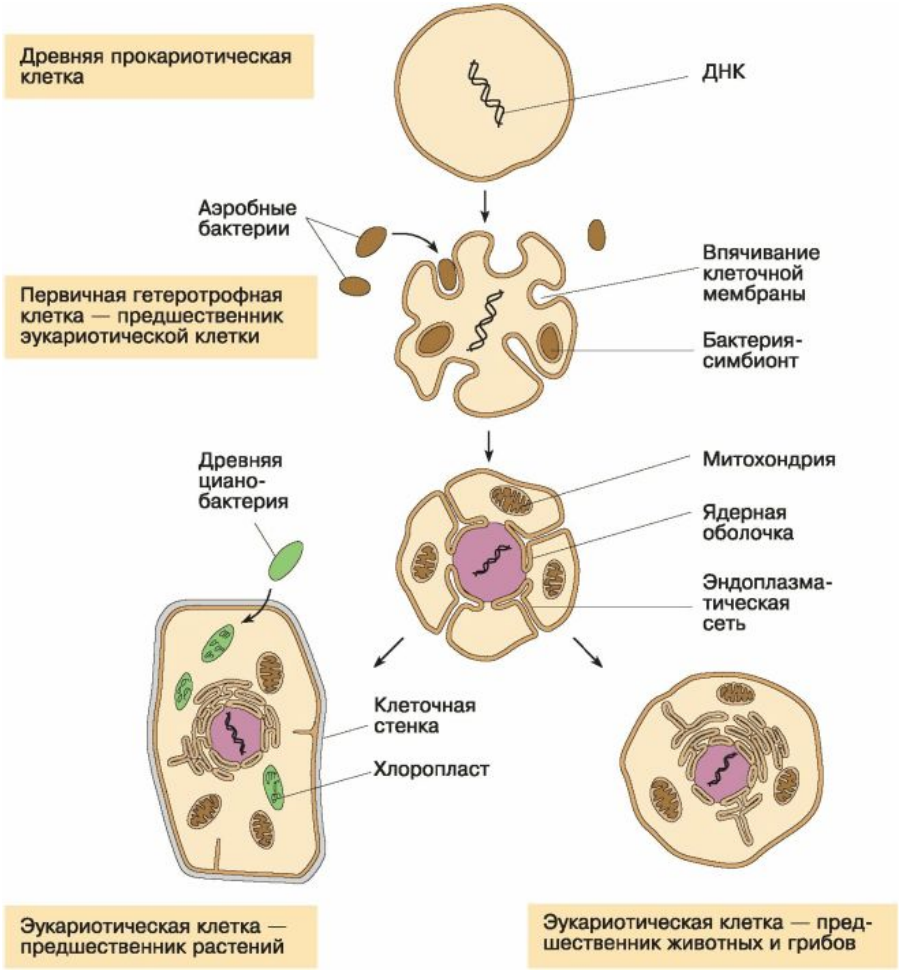


Рис. 52. Возможный путь образования эукариотических организмов

В настоящее время живые организмы возникают только в результате размножения. Самозарождение жизни в современных условиях невозможно по нескольким причинам. Во-первых, в условиях кислородной атмосферы Земли органические соединения быстро разрушаются, поэтому не могут накопиться и усовершенствоваться. А во-вторых, в настоящее время существует огромное количество гетеротрофных организмов, которые используют любое скопление органических веществ для своего питания.

Вопросы для повторения и задания

1. Какие космические факторы на ранних этапах развития Земли явились предпосылками для возникновения органических соединений?

2. Назовите основные стадии возникновения жизни согласно теории биопоэза.

3. Как образовывались, какими свойствами обладали и в каком направлении эволюционировали коацерваты?

4. Расскажите, как возникли пробионты.

5. Опишите, как могло происходить усложнение внутреннего строения первых гетеротрофов.

6. Почему невозможно самозарождение жизни в современных условиях?

Подумайте! Выполните!

1. Объясните, почему в настоящее время на нашей планете невозможно зарождение жизни из веществ неорганической природы.

2. Как вы считаете, почему именно море стало первичной средой развития жизни?

3. Примите участие в дискуссии «Возникновение жизни на Земле». Выскажите свою точку зрения по этому вопросу.

Работа с компьютером

Обратитесь к электронному приложению. Изучите материал и выполните задания.

Узнайте больше

Эукариоты, эубактерии и архебактерии. Сравнивая последовательности нуклеотидов в рибосомных РНК (рРНК), учёные пришли к выводу, что все живые организмы нашей планеты можно разделить на три группы: эукариоты, эубактерии и архебактерии. Две последние группы – прокариотические организмы. В 1990 г. Карл Вёзе – американский исследователь, построивший на основании рРНК филогенетическое древо всех живых организмов, предложил для этих трёх групп термин «домены».

Поскольку генетический код у организмов всех трёх доменов один и тот же, была выдвинута гипотеза, что они имеют общего предка. Этого гипотетического предка назвали «прогенот», т. е. прародитель. Предполагают, что эубактерии и архебактерии могли произойти от прогенота, а современный тип эукариотической клетки, по-видимому, возник в результате симбиоза древнего эукариота с эубактериями.

16. Развитие жизни на Земле

Вспомните!
Что изучает наука палеонтология?
Какие эры и периоды в истории Земли вам известны?

Около 3,5 млрд лет назад на Земле наступила эпоха *биологической эволюции,* которая продолжается и сейчас. Менялся облик Земли: разрывая единые массивы суши, дрейфовали континенты, вырастали горные цепи, из морских глубин поднимались острова, длинными языками ползли с севера и с юга ледники. Возникали и исчезали многие виды. Чья-то история была скоротечна, а кто-то сохранялся практически в неизменном виде на протяжении миллионов лет. По самым скромным оценкам, сейчас на нашей планете обитает несколько миллионов видов живых организмов, а за всю долгую историю Земля видела примерно в 100 раз больше видов живых существ.

В конце XVIII в. возникла палеонтология – наука, изучающая историю живых организмов по их ископаемым остаткам и следам жизнедеятельности. Чем глубже расположен слой осадочных пород с окаменелостями, следами или отпечатками, пыльцой или спорами, тем древнее эти ископаемые организмы. Сравнение окаменелостей различных пластов горных пород позволило выделить в истории Земли несколько временных периодов, которые отличаются друг от друга особенностями геологических процессов, климатом, появлением и исчезновением определённых групп живых организмов.

Самые крупные промежутки времени, на которые подразделяют биологическую историю Земли, – это *зоны:* криптозой, или докембрий, и фанерозой. Зоны делят на *эры.* В криптозое выделяют две эры: архей и протерозой, в фанерозое – три эры: палеозой, мезозой и кайнозой. В свою очередь, эры делят на периоды, а в периодах выделяют эпохи, или отделы. Современная палеонтология, используя новейшие методы исследования, воссоздала хронологию основных эволюционных событий, достаточно точно датируя появление и исчезновение тех или иных видов живых существ. Рассмотрим поэтапно становление органического мира на нашей планете.

Криптозой (докембрий). Это самая древняя эпоха, которая длилась около 3 млрд лет (85 % времени биологической эволюции). В начале этого периода жизнь была представлена простейшими прокариотическими организмами. В самых древних известных на Земле осадочных отложениях ***архейской эры***

обнаружены органические вещества, которые, по-видимому, входили в состав древнейших живых организмов. В породах, чей возраст изотопным методом оценивается в 3,5 млрд лет, найдены окаменевшие цианобактерии.

Жизнь в этот период развивалась в водной среде, потому что только вода могла защитить организмы от солнечного и космического излучения. Первыми живыми организмами на нашей планете были анаэробные гетеротрофы, которые усваивали органические вещества из «первичного бульона». Истощение запасов органики способствовало усложнению строения первичных бактерий и появлению альтернативных способов питания – около 3 млрд лет назад возникли автотрофные организмы. Важнейшим событием архейской эры стало появление кислородного фотосинтеза. В атмосфере начал накапливаться кислород.

Протерозойская эра началась около 2,5 млрд лет назад и длилась 2 млрд лет. В этот период, около 2 млрд лет назад, количество кислорода достигло так называемой «точки Пастера» – 1 % от его содержания в современной атмосфере. Учёные считают, что такой концентрации было достаточно для появления аэробных одноклеточных организмов, возник новый тип энергетических процессов – кислородное дыхание. В результате сложного симбиоза разных групп прокариот появились и начали активно развиваться эукариоты. Образование ядра повлекло за собой возникновение митоза, а в дальнейшем и мейоза. Примерно 1,5–2 млрд лет назад возникло половое размножение. Важнейшим этапом эволюции живой природы стало появление многоклеточности (около 1,3–1,4 млрд лет назад). Первыми многоклеточными организмами были водоросли. Многоклеточность способствовала резкому увеличению многообразия организмов. Появилась возможность специализации клеток, образования тканей и органов, распределения функций между частями тела, что привело в дальнейшем к усложнению поведения.

В протерозое сформировались все царства живого мира: бактерии, растения, животные и грибы. В последние 100 млн лет протерозойской эры произошёл мощный всплеск разнообразия организмов: возникли и достигли высокой степени сложности разные группы беспозвоночных (губки, кишечнополостные, черви, иглокожие, членистоногие, моллюски). Увеличение количества кислорода в атмосфере привело к формированию озонового слоя, защитившего Землю от излучения, поэтому жизнь могла выходить на сушу. Около 600 млн лет назад, в конце протерозоя, на сушу вышли грибы и водоросли, образовав древнейшие лишайники. На

рубеже протерозоя и следующей эры появились первые хордовые организмы.

Фанерозой. Эон, состоящий из трёх эр, охватывает около 15 % всего времени существования жизни на нашей планете.

Палеозойская эра началась 570 млн лет назад и продолжалась около 340 млн лет. В это время на планете шли интенсивные горообразовательные процессы, сопровождавшиеся высокой вулканической активностью, сменяли друг друга оледенения, периодически на сушу наступали и отступали моря. В эре древней жизни (греч. palaios – древний) выделяют 6 периодов: кембрийский (кембрий), ордовикский (ордовик), силурийский (силур), девонский (девон), каменноугольный (карбон) и пермский (пермь).

В *кембрии* и *ордовике* увеличивается разнообразие животного мира океана, это время расцвета медуз и кораллов. Появляются и достигают огромного разнообразия древние членистоногие – трилобиты. Развиваются хордовые организмы (рис. 53).

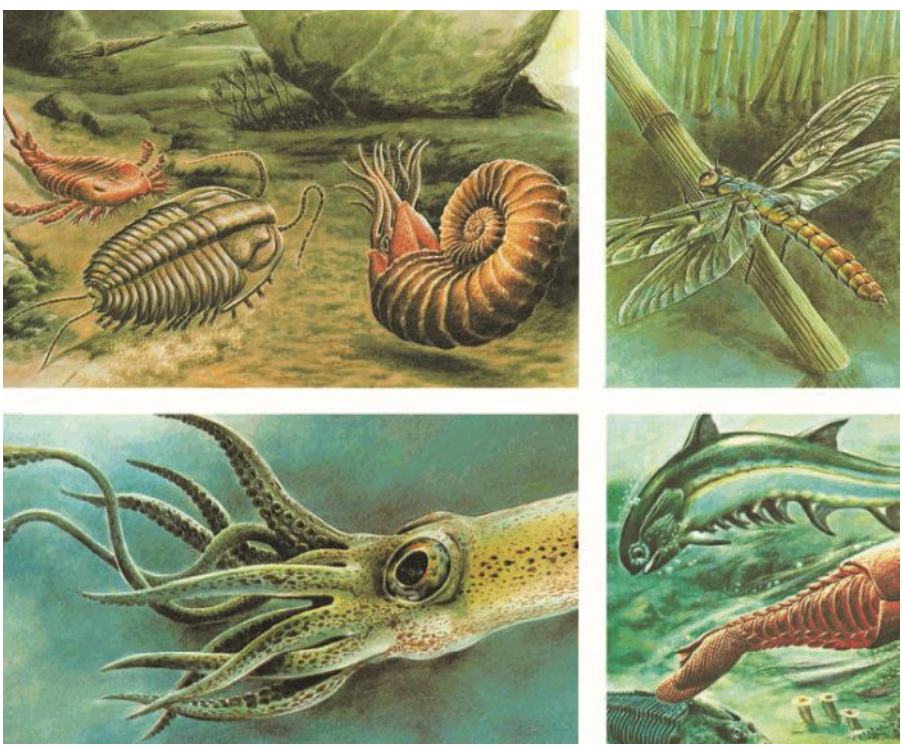


Рис. 53. Животный мир палеозойской эры

Рис. 54. Первые растения суши

В *силуре* климат становится более сухим, увеличивается площадь суши – единого континента Пангеи. В морях начинается массовое распространение первых настоящих позвоночных – бесчелюстных, от которых в дальнейшем произошли рыбы. Важнейшим событием силура становится выход на сушу споровых растений – псилофитов (рис. 54). Вслед за растениями на сушу выходят древние паукообразные, защищённые от сухого воздуха хитиновым панцирем.

В *девоне* увеличивается разнообразие древних рыб, господствуют хрящевые (акулы, скаты), но появляются и первые костные рыбы. В мелких пересыхающих водоёмах с недостаточным количеством кислорода появляются двоякодышащие рыбы, имеющие помимо жабр органы воздушного дыхания – мешковидные лёгкие, и кистепёрые рыбы, имеющие мускулистые плавники со скелетом, напоминающим скелет пятипалой конечности. От этих групп произошли первые наземные позвоночные – стегоцефалы (земноводные).

В *карбоне* на суше распространяются леса из древовидных хвощей, плаунов и папоротников, достигавших в высоту 30–40 м (рис. 55). Именно эти растения, падая в тропические болота, не сгнивали во влажном тропическом климате, а постепенно превращались в каменный уголь, который мы используем сейчас в качестве топлива. В этих лесах появились первые крылатые насекомые, напоминающие громадных стрекоз.

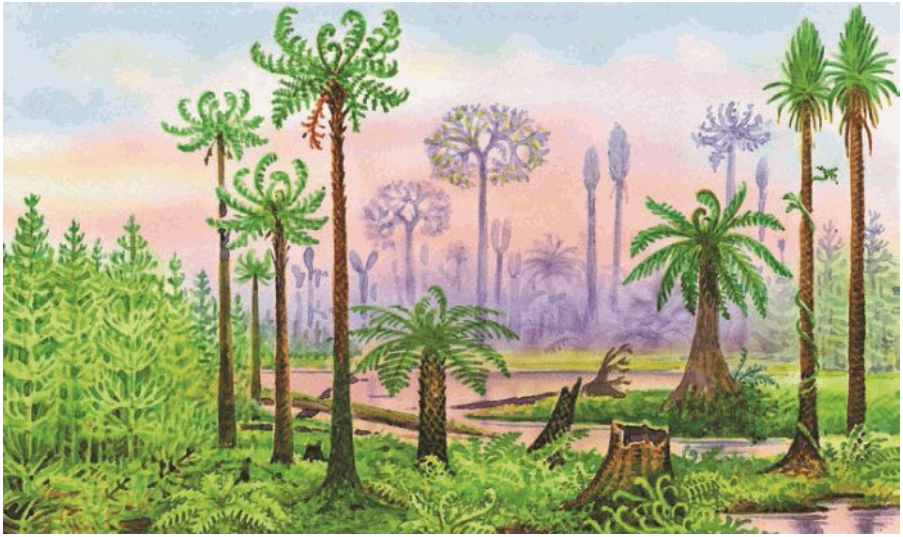


Рис. 55. Леса каменноугольного периода

В последний период палеозойской эры – *пермский* – климат стал более холодным и сухим, поэтому те группы организмов, жизнедеятельность и размножение которых полностью зависели от воды, начали приходить в упадок. Сокращается разнообразие амфибий, чья кожа постоянно требовала увлажнения и личинки которых имели жаберный тип дыхания и развивались в воде. Основными хозяевами суши становятся пресмыкающиеся. Они оказались более приспособленными к новым условиям: переход на лёгочное дыхание позволил им защитить кожу от высыхания с помощью роговых покровов, а яйца, покрытые плотной оболочкой, могли развиваться на суше и защищали зародыш от воздействия окружающей среды. Образуются и широко распространяются новые виды голосеменных растений, причём некоторые из них дожили до настоящего времени (гинкго, араукарии).

Мезозойская эра началась около 230 млн лет назад, длилась примерно 165 млн лет и включала три периода: триасовый, юрский и меловой. В эту эру продолжалось усложнение организмов и темпы эволюции возрастали. В течение почти всей эры на суше господствовали голосеменные растения и пресмыкающиеся (рис. 56).

Триасовый период – начало расцвета динозавров; появляются крокодилы и черепахи. Важнейшим достижением эволюции является возникновение теплокровности, появляются первые млекопитающие. Резко сокращается видовое разнообразие амфибий и почти полностью вымирают семенные папоротники.

В *юрский период* господствуют голосеменные растения и

пресмыкающиеся. В образовавшемся за счёт дрейфа континентов Атлантическом океане появляются головоногие моллюски. В конце периода появляются археоптериксы.

Меловой период характеризуется образованием высших млекопитающих и настоящих птиц. Появляются и быстро распространяются покрытосеменные растения, постепенно вытесняющие голосеменные и папоротникообразные. Некоторые покрытосеменные растения, возникшие в меловом периоде, сохранились до наших дней (дубы, ивы, эвкалипты, пальмы). В конце периода происходит массовое вымирание динозавров.

Кайнозойская эра, начавшаяся около 67 млн лет назад, продолжается и в настоящее время. Она подразделяется на три периода: палеогеновый (нижнетретичный) и неогеновый (верхнетретичный), общей продолжительностью 65 млн лет, и антропогеновый, который начался 2 млн лет назад.

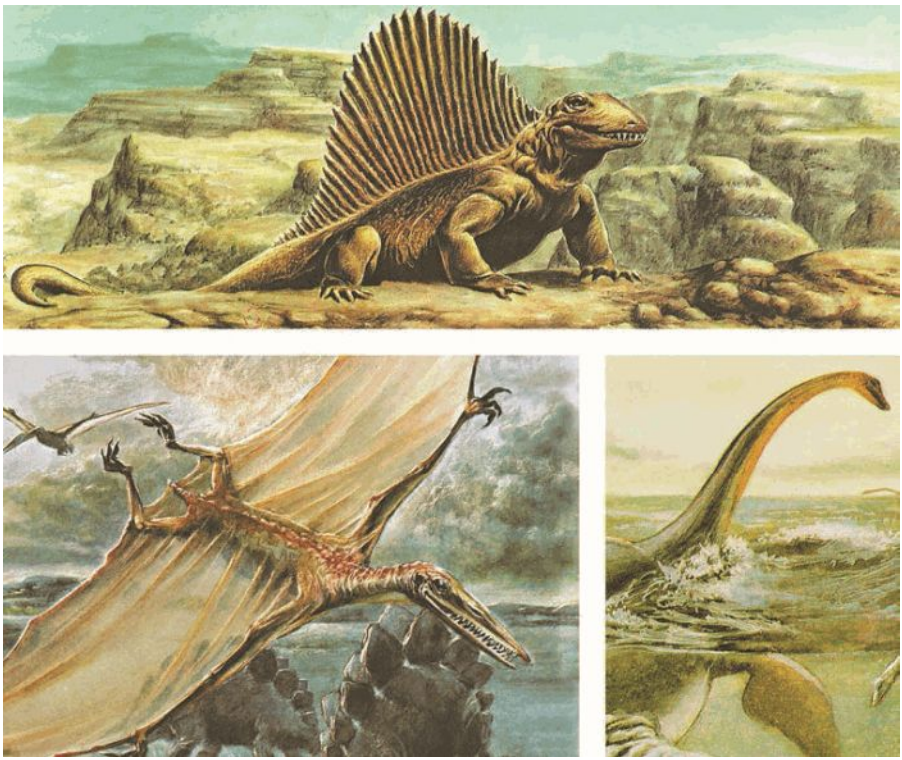


Рис. 56. Животный мир мезозойской эры

Рис. 57. Животный мир кайнозойской эры

Уже в *палеогене* господствующее положение заняли млекопитающие и птицы. В течение этого периода формируется большинство современных отрядов млекопитающих, появляются первые примитивные приматы. На суше господствуют покрытосеменные растения (тропические леса), параллельно с их эволюцией идёт развитие и увеличение многообразия насекомых.

В *неогене* климат становится более сухим, образуются степи, широко распространяются однодольные травянистые растения. Отступление лесов способствует появлению первых человекообразных обезьян. Формируются виды растений и животных, близкие к современным.

Последний *антропогеновый период* характеризуется похолоданием климата. Четыре гигантских оледенения привели к появлению млекопитающих, приспособленных к суровому климату (мамонты, шерстистые носороги, овцебыки) (рис. 57). Возникли сухопутные «мосты» между Азией и Северной Америкой, Европой и Британскими островами, что способствовало широкому расселению видов, в том числе и человека. Примерно 35–40 тыс. лет назад, перед последним оледенением, по перешейку на месте нынешнего Берингова пролива люди достигли Северной Америки. В конце периода

началось глобальное потепление, вымерли многие виды растений и крупных млекопитающих, сформировались современные флора и фауна. Крупнейшим событием антропогена стало появление человека, чья деятельность стала ведущим фактором дальнейших изменений в животном и растительном мире Земли.

Вопросы для повторения и задания

1. По какому принципу историю Земли делят на эры и периоды?
2. Когда возникли первые живые организмы?
3. Какими организмами был представлен живой мир в криптозое (докембрии)?
4. Почему в пермский период палеозойской эры вымерло большое количество видов амфибий?
5. В каком направлении шла эволюция растений на суше?
6. Охарактеризуйте эволюцию животных в палеозойскую эру.
7. Расскажите об особенностях эволюции в мезозойскую эру.
8. Какое влияние оказывали обширные оледенения на развитие растений и животных в кайнозойскую эру?
9. Как вы можете объяснить сходство фауны и флоры Евразии и Северной Америки?

Подумайте! Выполните!

1. Какие эволюционные преимущества получили растения, перейдя к семенному размножению?
2. Объясните, почему продолжительность разных эр и периодов существенно отличается.
3. Используя дополнительную литературу и ресурсы Интернета, познакомьтесь с различными существующими гипотезами о причинах вымирания динозавров. Организуйте и проведите дискуссию на тему «Почему вымерли динозавры?».
4. Какая взаимосвязь существует между развитием тропических лесов и увеличением многообразия насекомых в палеогене?
5. Многим учащимся бывает сложно запомнить последовательность эр и периодов. Попробуйте для облегчения запоминания придумать аббревиатуры – слова, составленные из слогов или первых букв терминов. Например, периоды мезозойской эры – трюм (триасовый, юрский, меловой). Можно использовать и другой мнемонический приём: создать смысловую фразу,

слова в которой начинаются с первых букв запоминаемых терминов.

Работа с компьютером

Обратитесь к электронному приложению. Изучите материал и выполните задания.

Повторите и вспомните!

Ботаника

Особенности семенных растений, позволившие им занять господствующее положение в растительном мире. Основная особенность семенных растений – размножение при помощи семян. Образование семени – важнейшее достижение в эволюции растительного мира. Спора содержит минимум питательных веществ и требует для дальнейшего развития сочетания многих благоприятных условий. По сравнению с ней семя содержит значительный запас питательных веществ, а зародыш спорофита внутри семени надёжно защищён плотными покровами. Максимальная обезвоженность тканей семян и наличие защитных покровов обеспечивают длительную жизнеспособность семян.

У семенных растений внутреннее оплодотворение. Это важнейшая адаптация, поскольку такой тип оплодотворения не зависит от наличия воды. Однако в таком случае исчезает необходимость в подвижных сперматозоидах, снабжённых жгутиками. Действительно, за исключением некоторых голосеменных, мужские гаметы семенных растений не имеют жгутиков и не способны к самостоятельному передвижению. Такие неподвижные мужские гаметы растений называют спермиями. Каким же образом неподвижные спермин проникают к яйцеклетке? Развитие пыльцевой трубки, с помощью которой спермин транспортируются в семязачаток, – ещё одно важнейшее приобретение семенных растений.

Характеристика признаков семенных растений, позволивших им завоевать весь земной шар, будет неполной, если мы не вспомним о такой особенности, как сложность строения проводящих тканей. У покрытосеменных растений сосуды древесины образуют наиболее совершенную проводящую систему. Они представляют собой длинную полую трубку, состоящую из цепочки мёртвых клеток – члеников сосуда, в поперечных стенках которых находятся крупные отверстия – перфорации. Благодаря этим отверстиям осуществляется быстрый и беспрепятственный ток воды.

Двоякодышащие и кистепёрые рыбы появились в девонском периоде. В настоящее время *двоякодышащие рыбы* – это немногочисленная группа пресноводных рыб, совмещающая примитивные признаки предковых форм с прогрессивными приспособлениями к обитанию в обеднённых кислородом тропических водоёмах. Плавники этих рыб имеют вид мясистых лопастей, покрытых чешуёй. С их помощью рыбы могут не только плавать, но и передвигаться по дну. Дыхание жаберное и лёгочное. С брюшной стороны пищевода имеются 1–2 полых выроста, выполняющих роль лёгких. В сердце намечается разделение предсердия и формирование второго круга кровообращения. При недостатке кислорода в воде или во время спячки дыхание только лёгочное. Современные представители: однолёгочные – австралийский рогозуб и двулёгочные – чешуйчатники (африканские протоптеры и южноамериканский лепидосирен). Рогозубы живут в непересыхающих водоёмах и в спячку не впадают. Чешуйчатники при пересыхании водоёмов могут зарываться в грунт и на долгий период (до 9 месяцев) впадать в спячку. Протоптер при этом даже образует капсулу.

Кистепёрые рыбы долгое время считались вымершей группой. В 1938 г. был обнаружен единственный современный вид – латимерия (см. рис. 22), который обитает в районе Коморских островов на глубине около 1000 м. Кистепёрые близки к двоякодышащим и произошли, видимо, от общего предка. Особенность кистепёрых рыб – наличие мускулатуры в составе конечностей и расчленённость их скелета. В эволюции это стало предпосылкой для превращения плавников в пятипалые конечности. Древние кистепёрые рыбы обитали в пресных водоёмах и имели двойное дыхание: при недостатке кислорода они поднимались на поверхность и дышали воздухом. Их развитие шло в двух направлениях: одна ветвь дала начало предкам современных земноводных, а другая приспособилась к жизни в морской воде. Современная латимерия, в отличие от своих предков, не способна к дыханию атмосферным кислородом, её большое дегенерировавшее лёгкое заполнено жиром.

В силурийский период палеозойской эры на сушу вышли членистоногие, став первыми среди животных обитателями суши. В настоящее время тип членистоногих – самый многочисленный и разнообразный из всех типов животных, он объединяет свыше 1,5 млн видов. Это больше, чем все остальные виды животных. Несомненно, что процветание этой группы беспозвоночных связано с приобретением в процессе эволюции

ряда приспособлений. Такими важнейшими приобретениями предков современных членистоногих стали следующие:

• прочный наружный скелет, представленный хитиновой кутикулой;

• разделённое на отделы сегментированное тело;

• подвижные членистые конечности.

Наружный хитиновый скелет выполняет не только функцию механической защиты. Его приобретение позволило морским членистоногим при выходе на сушу противостоять силам гравитации и защитило их тело от высыхания. А хитиновые выросты стенок тела грудных сегментов, превратившиеся в крылья, позволили насекомым завладеть сушей.

17. Гипотезы происхождения человека

Вспомните!
Какие гипотезы происхождения человека вам известны?

Проблема *антропогенеза* (исторического развития человека) относится к числу сложнейших философских и естественно-научных проблем. Вопрос о происхождении человека всегда привлекал к себе внимание людей. Ещё в древние времена наши далёкие предки, выбирая себе тотемы – священных животных, почитали их как своих прародителей и гордились ими. У многих племён Африки существуют предания о происхождении человека от обезьян.

Зачатки научных знаний о человеке возникли в недрах античной философии. Философ Анаксимандр (610–546 до н. э.), пытаясь познать происхождение и развитие живой природы, выдвигал идеи о возникновении человека путём последовательных превращений животных. Зачатки эволюционных взглядов можно найти в сочинениях Демокрита и Эмпедокла. Сократ (469–399 до н. э.) высказывал мысль, что человек занимает столь высокое положение в мире, потому что он имеет очень развитую кисть руки. Афинский учитель красноречия Исократ считал, что человек стал человеком благодаря речи.

Огромное значение для развития идей о происхождении человека имели путешествия Геродота (484–406 до н. э.). Его труды, дошедшие до нашего времени, – это ценнейший источник изучения древних народов. Свидетельства Геродота дополняют данные палеоантропологии и позволяют составить представление о распространении людей до эпохи Великих переселений.

Древнегреческий мыслитель Аристотель, разделяя животных на бескровных и имеющих кровь, относил человека ко второй группе и ставил его рядом с обезьянами. Однако он разошёлся во мнении с Сократом, оценивая роль руки в происхождении человека. Аристотель писал: «Человек – разумнейшее животное не потому, что имеет руки; а потому и имеет руки, что он разумнейшее существо».

Основоположник анатомии, известный древнеримский врач К. Гален изучал анатомию человека, вскрывая других млекопитающих, в том числе обезьян. К. Линней, будучи креационистом, в своей классификации живых организмов поместил человека в один отряд с приматами, потому что считал их очень схожими по строению. В эпоху господства христианства это был очень смелый шаг, не случайно труд Линнея на долгое

время был запрещён Ватиканом. Разрабатывая бинарную номенклатуру, Линней выделил вид Homo sapiens (Человек разумный) и разделил его на четыре расы.

Известный философ И. Кант в конце XVIII в. писал о возможной эволюции природы, которая могла бы превратить человекообразную обезьяну в человека, снабдив её хватательной рукой и двуногим передвижением. Но при этом Кант считал обязательным условием такой эволюции наличие некой божественной «сверхидеи». Примерно в то же время Дж. Монбоддо попытался объяснить превращение обезьяны в человека действием труда. Однако, будучи сторонником идеи неизменности видов, Монбоддо считал человекообразных обезьян и людей представителями одного вида.

В России убеждённым сторонником идей о родстве человека с животными был известный писатель и философ А. Н. Радищев (1749–1802). В своём трактате «О человеке, о его смертности и бессмертии», написанном в конце XVIII в., Радищев говорит: «Человек – единоутробный сродственник, брат всему на Земле живущему, не только зверю, птице, рыбе, насекомому… но и растению, грибу, мху… Паче всего сходственность человека примечательна с животными… Все органы, коими одарён человек, имеют и животные…» Но Радищев также подчёркивал и отличия человека, которые, по его мнению, в основном заключались в строении руки и большого пальца. Однако Радищев не распространял идею развития на бессмертную душу.

Вплотную подошёл к пониманию эволюционных процессов в антропогенезе Афанасий Каверзнев, который в 1775 г., почти за сто лет до работ Ч. Дарвина, опубликовал на немецком языке в Лейпциге труд «О перерождении животных», в котором подробно развивал идею о родстве человека и обезьян.

Очень оригинального взгляда на происхождение человека придерживался Ж. Б. Робине, который считал, что животные представляют собой неудачные попытки природы сотворить наиболее совершенную форму жизни – человека.

Создатель первой эволюционной теории Ж. Б. Ламарк в начале XIX в. изложил свою теорию происхождения человека. Он говорил, что некий «четверорукий» предок человека «утратил привычку» лазать по деревьям, но приобрёл другую – передвигаться на двух ногах. Будучи сторонником идеи об упражнении и неупражнении органов (§ 2), Ламарк утверждал, что новые потребности предка человека рождали усилия, которые изменяли строение органов и частей тела будущего человека, а жизнь в многочисленных стаях требовала более совершенных средств общения.

Крупнейшим событием в истории развития взглядов на происхождение человека стало появление трудов Ч. Дарвина «Происхождение человека и половой отбор» (1871)и «О выражении эмоций у человека и животных» (1872). Дарвин был уверен, что законы развития органического мира применимы и к человеку. Учёный поставил задачу: доказать, что основные движущие силы эволюции, действуя на предков человека, вызывали у них возникновение адаптаций к условиям окружающей среды. Сравнивая строение тела человека и высших обезьян, особенности зародышевого развития и изучая рудиментарные органы, Дарвин доказывал происхождение человека от низших форм. Он придавал большое значение естественному отбору не только по морфо-физиологическим признакам, но и по умственным и нравственным качествам. Прародиной человечества Дарвин считал древнюю Африку. Однако в своей теории великий натуралист не затронул проблему социальной сущности человека и не оценил роль труда как фактора эволюции.

Огромное значение труда в происхождении человека было обосновано философом Ф. Энгельсом в работе «Роль труда в процессе превращения обезьяны в человека». Кроме труда Энгельс обратил внимание на другие факторы антропогенеза: речь и общественный образ жизни.

Современная теория происхождения человека опирается в основном на данные сравнительной анатомии, физиологии и эмбриологии, а также на результаты исследования ископаемых остатков. Одним из её важнейших положений является признание параллельности эволюции высшей нервной деятельности и морфологических признаков.

Вопросы для повторения и задания

1. Какие идеи о возникновении человека существовали в Древнем мире?
2. Что вам известно о взглядах российских учёных XVIII–XIX вв. на проблему происхождения человека?
3. Кто впервые разделил вид Homo sapiens (Человек разумный) на расы?
4. Какова роль трудов Ч. Дарвина в истории развития взглядов на происхождение человека?
5. Какому фактору в эволюции человечества придавал особое значение Ф. Энгельс?

Подумайте! Выполните!

1. Как вы думаете, почему труд К. Линнея «Система природы» на долгое время был запрещён Ватиканом?

2. Используя дополнительную литературу и ресурсы Интернета, найдите информацию о вкладе российских учёных в решение вопроса о происхождении человека. По итогам работы подготовьте сообщение или презентацию.

Работа с компьютером

Обратитесь к электронному приложению. Изучите материал и выполните задания.

18. Положение человека в системе животного мира

Вспомните!

Назовите общие признаки представителей типа Хордовые; класса Млекопитающие.

Данные сравнительной эмбриологии и анатомии человека и других животных позволяют чётко определить, что по критериям зоологической систематики вид Homo sapiens (Человек разумный) относится к царству Животные, подцарству Многоклеточные, типу Хордовые, подтипу Позвоночные, классу Млекопитающие, отряду Приматы, семейству Гоминиды (рис. 58).

Рис. 58. Систематическое положение человека в отряде приматов

Рассмотрим те свойства и признаки, на основании которых мы занимаем это положение в системе органического мира.

Данные сравнительной анатомии. Вряд ли кто-то будет оспаривать нашу принадлежность к определённому царству и подцарству. Мы двусторонне-симметричные многоклеточные животные и по этим признакам подобны всем червям, членистоногим и хордовым.

Для человека, как и для всех представителей *типа Хордовые,* характерны общие черты организации, не встречающиеся у других типов.

У зародыша человека есть нерасчленённый на сегменты внутренний осевой скелет – хорда. Наши нервная и

пищеварительная системы закладываются в виде двух трубок, лежащих с разных сторон от хорды: нервная трубка – над хордой, а пищеварительная – под хордой. На ранней эмбриональной стадии развития передний отдел пищеварительной системы человека – глотка – пронизан жаберными щелями, которые в дальнейшем исчезают, причём одна из них даёт начало слуховому проходу и евстахиевой трубе. Кровеносная система человека замкнутая, и сердце находится на брюшной стороне тела.

Тип хордовых делят на три подтипа, а подтип позвоночных, в свою очередь, объединяет шесть классов. Перечислим признаки, которые роднят нас с другими представителями *класса Млекопитающие:* костный позвоночник, замещающий хорду; семь шейных позвонков; две пары конечностей рычажного типа; наличие костного мозга (у птиц кости полые); волосяной покров; потовые и сальные железы кожи; молочные железы; хорошо развитые губы и мускулистые щёки; диафрагма; три слуховые косточки среднего уха (у птиц и рептилий – одна); ушная раковина; четырёхкамерное сердце, два круга кровообращения и одна левая дуга аорты; безъядерные эритроциты (у всех остальных классов позвоночных – ядерные); альвеолярные лёгкие. Кроме этих морфологических признаков следует отметить, что для всех млекопитающих, и в том числе человека, характерны такие прогрессивные черты организации, как высокое развитие центральной нервной системы, особенно коры больших полушарий; многообразные приспособительные реакции и сложное поведение; интенсивный обмен веществ и совершенная терморегуляция. Внутриутробное развитие и питание зародыша через плаценту характеризует нас как представителей *подкласса Плацентарные.* Необходимо отметить, что все перечисленные морфологические признаки, общие для человека и остальных млекопитающих, являются гомологичными, т. е. имеют одинаковое происхождение.

Общими признаками человека и остальных представителей *отряда Приматы* являются следующие: конечность хватательного типа (первый палец кисти противопоставлен остальным); наличие ключицы, что обеспечивает высокую подвижность руки; расширенные конечные фаланги пальцев с ногтями; зубы трёх типов – резцы, клыки, коренные; высокое развитие полушарий головного мозга; размножение в течение всего года; наличие одной пары молочных желёз; рождение обычно одного детёныша и длительный уход за ним; сложная организация отношений между особями и высокий уровень развития высшей нервной деятельности.

О родстве человека с животными свидетельствуют также многочисленные рудименты и атавизмы, которые известны практически для всех систем органов. *Рудименты* – это недоразвитые органы, которые практически утратили в процессе эволюции свои функции. Их наличие указывает на родство человека с более низкоорганизованными позвоночными животными. Примерами таких рудиментов являются мышцы ушной раковины, хвостовые позвонки (копчик), остатки мигательной перепонки глаза, червеобразный отросток слепой кишки. *Атавизмы* – это признаки, которые некогда существовали у наших предков, в дальнейшем были утрачены, но гены, отвечающие за их развитие, ещё сохраняются и при определённых условиях вызывают образование этих древних признаков. Яркими примерами атавизмов являются волосяной покров на лице, наружный хвост, лишние пары молочных желёз, перепонки между пальцами (рис. 59).

Данные сравнительной эмбриологии. Кроме данных сравнительной анатомии весомыми доказательствами происхождения человека от животных являются результаты сравнительного изучения онтогенеза человека и животных.

Индивидуальное развитие человека, как и остальных животных, размножающихся половым путём, начинается с образования зиготы. В двухнедельном возрасте у эмбриона человека прослеживаются признаки рыбообразных предков: двухкамерное сердце, жаберные щели, хвостовая артерия. Позже в строении эмбриона можно наблюдать черты, унаследованные от земноводных: мигательная перепонка во внутреннем углу глаза, плавательные перепонки между пальцами. У шестинедельного зародыша есть несколько пар молочных желёз, закладывается хвостовой отдел позвоночника, который затем редуцируется и превращается в копчик. Гладкая поверхность больших полушарий и сплошной волосяной покров у плода человека указывают на родство с примитивными млекопитающими. Таким образом, основные черты эмбрионального развития человека чётко определяют его животное происхождение.

Рис. 59. Атавизмы человека

Сходство и отличия человека и человекообразных обезьян. С человекообразными обезьянами люди имеют много общих признаков, например таких, как большая величина тела, отсутствие хвоста и защёчных мешков, хорошее развитие мимической мускулатуры и сходная структура черепа (рис. 60). Шимпанзе, гориллы, орангутаны имеют хорошо развитый головной мозг, особенно его лобные доли, большое число извилин в коре больших полушарий. Кроме морфологических признаков о нашем близком родстве свидетельствуют и другие данные: мы похожи по резус-фактору и группам крови (АВ0), мы болеем одними и теми же «человеческими» болезнями. Беременность и гориллы, и человека составляет около 280 дней.

Рис. 60. Человекообразные обезьяны

Эволюционное родство организмов можно определить, сравнивая их хромосомы. Чем больше сходство между нуклеотидными последовательностями ДНК, тем ближе родство между видами. Человек и шимпанзе имеют более 95 % схожих генов.

У человекообразных обезьян, как и у людей, высокий уровень развития высшей нервной деятельности, они легко обучаются, у них прекрасная память и богатая эмоциональная жизнь.

В то же время между человеком и высшими приматами существуют коренные отличия. Только человеку свойственно настоящее прямохождение (рис. 61). Благодаря этому человек имеет длинные и мощные ноги, сводчатую стопу, широкий таз, S-образный позвоночник. Гибкая кисть и подвижные пальцы обеспечивают точные и разнообразные движения.

Человек имеет сложно устроенный головной мозг, средний объём которого составляет 1350 $см^3$ (у гориллы 400 $см^3$). Благодаря развитию структур гортани человек способен к членораздельной речи.

Человек – это биосоциальное существо, занимающее высокую ступень эволюционного развития, обладающее сознанием, речью,

абстрактным мышлением и способное к общественному труду.

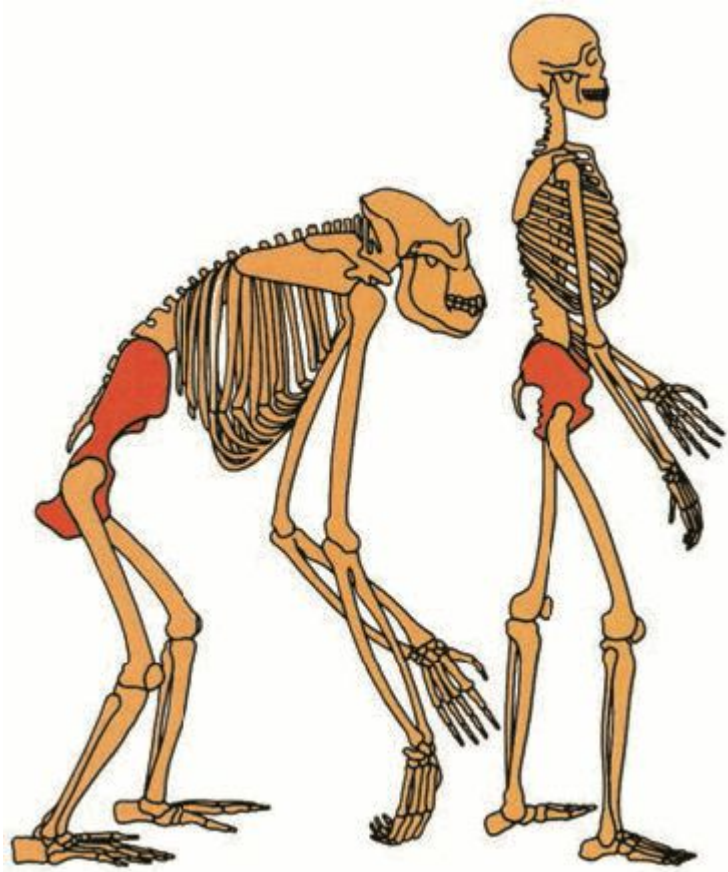


Рис. 61. Скелеты обезьяны и человека

Вопросы для повторения и задания

1. Охарактеризуйте систематическое положение человека в животном мире.
2. Укажите признаки человека как представителя класса млекопитающих.
3. Какие признаки являются общими для человека и человекообразных обезьян?
4. Перечислите особенности строения, присущие только человеку.
5. Какое значение в антропогенезе имело увеличение объёма мозга?

Подумайте! Выполните!

1. В ранний период развития сердце человеческого зародыша состоит из одного предсердия и одного желудочка. Прокомментируйте этот факт.

2. Вспомните из курса зоологии и назовите основные признаки подтипа Позвоночные. Какие ещё два подтипа выделяют в типе хордовых? Кто их представители? Каковы особенности их строения?

3. Некоторые виды млекопитающих активно охраняют и агрессивно защищают свою территорию и территорию своей стаи; для других видов это не характерно. К какой группе относится человек и как это повлияло (и влияет) на развитие человеческого общества?

4. Создавая орудия труда и совершенствуя разнообразные навыки, человек расширяет возможности своего организма. Обсудите с этой точки зрения, какую роль в развитии человека сыграли огонь и одежда, рычаг и колесо, рисунки и письменность.

5. Распределите характерные особенности, свойственные только человеку, на три группы: признаки, связанные с прямохождением, с трудовой деятельностью и с общественным образом жизни.

6. Выполните практическую работу «Наблюдение за физиологическими рудиментами». Понаблюдайте за ходьбой человека. Если его руки свободны, то при ходьбе они будут двигаться в том же ритме, что и ноги, совершая маховые движения вдоль тела. У большинства людей шаг левой ногой сопровождается движением вперёд правой руки и наоборот. Попробуйте пройти, прижав руки плотно к туловищу. Какие ощущения вы испытываете? Насколько комфортно вам идти? Усложните задачу: попробуйте одновременно шагать левой ногой, выбрасывая вперёд левую руку. Удобно ли вам идти? В ходе этого простого задания вы познакомились с так называемыми содружественными движениями. В большинстве случаев содружественные движения представляют собой рудименты когда-то целесообразных совместных и слаженных движений. Например, движения рук при ходьбе сохранились у человека с тех времён, когда наши далёкие предки передвигались на четырёх конечностях.

Работа с компьютером

Обратитесь к электронному приложению. Изучите материал и выполните задания.

Узнайте больше

Хромосомы человека и человекообразных обезьян. У всех представителей семейства гоминид по 24 пары хромосом. Исключение составляют люди, у которых лишь 23 пары хромосом. Изучение нуклеотидной последовательности хромосом, особенностей их строения, расположения перетяжек и т. д. позволило прийти к выводу, что человеческая 2-я хромосома является результатом слияния двух хромосом предков.

Ближайший родственник человека – шимпанзе бонобо имеет практически идентичные находящимся во 2-й хромосоме человека последовательности ДНК, но они расположены на двух отдельных хромосомах. То же самое обнаружено и в хромосомном наборе более дальних родственников: гориллы и орангутана. Есть ещё один весомый аргумент в пользу этой точки зрения. Обычно хромосома имеет только одну центромеру, но на длинном плече 2-й хромосомы наблюдаются остатки второй центромеры.

Таким образом, особенности строения 2-й хромосомы являются убедительным доказательством эволюционного происхождения людей и других обезьян от общего предка.

19. Эволюция человека

Вспомните!

Перечислите основные факторы эволюции человека. Какие из них являются общими для эволюции всех живых организмов?

Изучение эволюции человека главным образом основано на исследовании ископаемых остатков.

Предшественники человека. В самом конце мезозойской эры возникли *первые плацентарные* млекопитающие. Около 35 млн лет назад от примитивных *насекомоядных* отделилась группа животных, которая впоследствии дала начало приматам. Из ныне живущих ближе всего к этой группе находятся тупайи – низшие приматы. В палеогене кайнозойской эры от предков современных тупай отделилась ветвь *парапитеков* – небольших древесных животных, которые питались насекомыми и растениями. Их зубы и челюсти были такие же, как у человекообразных обезьян. От парапитеков произошли гиббоны, орангутаны и *дриопитеки.* В течение почти 10 млн лет дриопитеки обитали в тропических лесах. За это время они хорошо приспособились к древесному образу жизни, требующему развития вполне определённых свойств и признаков. Для того чтобы лазать по деревьям с помощью хватательных движений, надо было иметь подвижные конечности и кисть, способную к точному захвату. Ключица, которая обеспечивает свободное движение в плечевом суставе и позволяет разводить руки в стороны, не развивается у наземных животных, передвигающихся на четырёх конечностях.

Нашим далёким предкам приходилось с большой скоростью перемещаться в пространстве тропического леса, постоянно оценивая силу прыжка, дальность полёта, меняя направление движения. Преимущество получали те особи, которые обладали лучшими двигательными навыками. Это направление отбора способствовало развитию двигательных отделов головного мозга. Для древесного образа жизни требовалось острое бинокулярное зрение, которое бы позволяло точно оценивать расстояние при прыжках. Если у первых примитивных млекопитающих глаза находились по бокам головы, то у дриопитеков они уже располагались фронтально, в одной плоскости. В густых зарослях в первую очередь надо было полагаться на зрение и слух, обоняние было важно для животных открытых пространств. Жизнь на деревьях способствовала уменьшению плодовитости, что компенсировалось повышенной заботой о малочисленном

потомстве.

Особенности строения современного человека, его способности и социальный статус были предопределены миллионы лет назад тем, что нашими далёкими предками являлись животные, которые вели древесный образ жизни.

Во второй половине палеогена наступило похолодание. Площади лесов сокращались, их вытесняли саванны. Вероятно, популяции дриопитеков расселились по разным местообитаниям. Животные, оставшиеся в тропических лесах, дали начало современным человекообразным обезьянам – горилле и шимпанзе. Другие популяции переселились в саванны. Для того чтобы ориентироваться на огромных открытых пространствах, необходимо было подниматься на задние конечности. Наши далёкие предки не имели острых клыков и когтей, не умели быстро бегать. Новые суровые условия заставляли их вести тяжёлую борьбу за существование. Выживали те, кто, собираясь в стаи, объединял свои силы и использовал освободившиеся руки для манипуляции с предметами, добывания пищи, защиты и нападения, ухода за детёнышами. Прямохождение сыграло решающую роль в эволюции человека. Популяции дриопитеков, перешедшие к наземному образу жизни, положили начало эволюции человека. Таким образом, в палеогене пути человекообразных обезьян и людей разошлись (рис. 62).

Австралопитеки. 5–3 млн лет назад в Южной Африке жили австралопитеки, потомки дриопитеков. Они имели рост 120–160 см, массу 30–60 кг, объём их мозга не превышал 550 $см^3$. Австралопитеки вели стадный образ жизни, занимались собирательством и охотой, используя в качестве оружия камни. Мясо составляло большую часть их рациона. В настоящее время известно, что для нормального развития головного мозга необходимы животные белки. Возможно, меню наших далёких предков сыграло немаловажную роль в развитии центральной нервной системы.

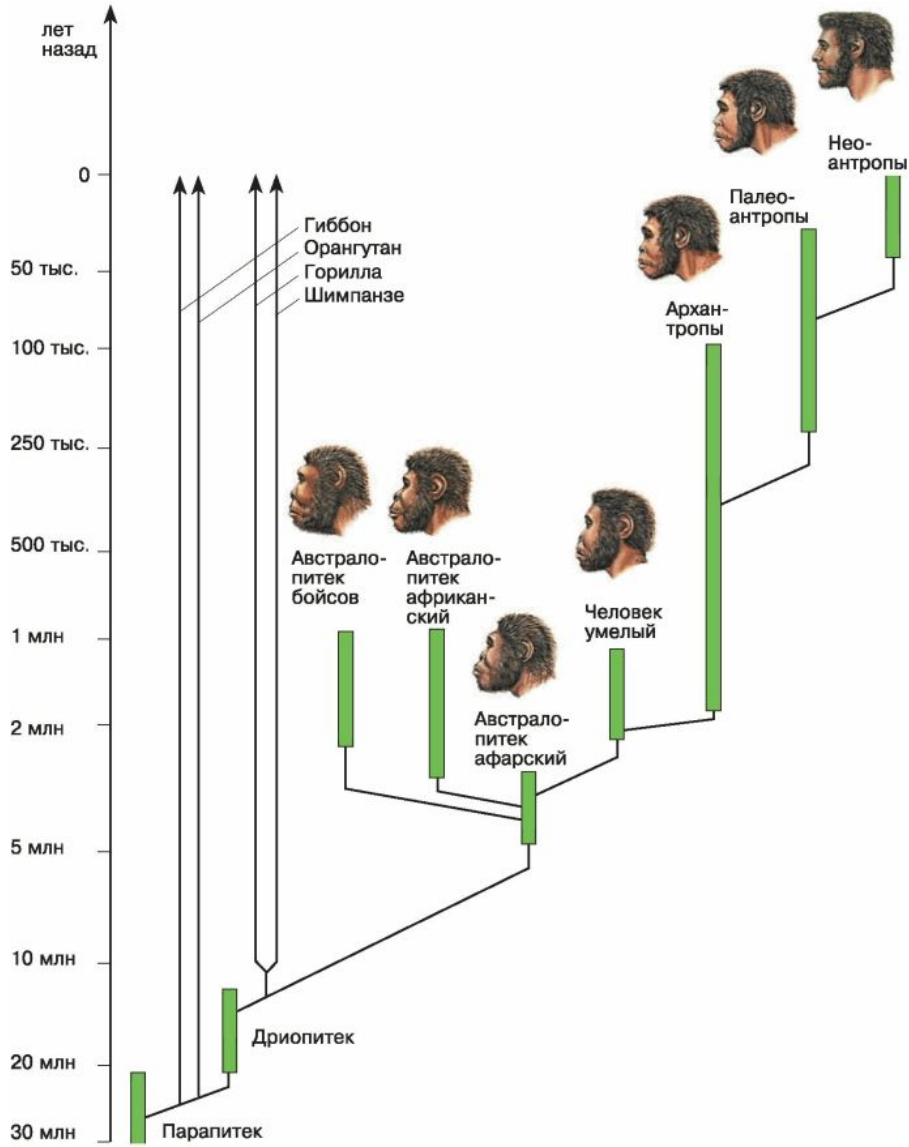


Рис. 62. Общая схема происхождения человека

Человек умелый. Около 2,5–1,5 млн лет назад по Южной и Восточной Африке расселились существа, которые умели изготавливать простейшие орудия труда и имели более прогрессивное строение, чем австралопитеки. Объём их мозга достигал 650 $см^3$, а особенности его строения, по мнению современных учёных, позволяют предположить, что у этих людей уже существовали зачатки примитивной речи (рис. 63). По-видимому, Человек умелый (Homo habilis) был потомком какой-то группы австралопитеков. Дальнейшая эволюция на этом этапе шла в направлении развития прямохождения и способности к

труду. Человек умелый впервые начал использовать огонь и сооружать примитивные жилища и хозяйственные стоянки.

Рис. 63. Эволюция черепа. Скелет подростка, найденный в Кении в 1983 г., имеет древность 1,6 млн лет и относится к виду, возникшему в среде популяций Человека умелого (Homo habilis)

Древнейшие люди (архантропы). Древнейшие люди жили в интервале 1,8–0,1 млн лет назад. Известно несколько ископаемых форм архантропов: питекантроп, синантроп, гейдельбергский человек, которых сейчас относят к одному виду – Человек прямоходящий (Homo erectus). Архантропы отличались от современных людей более крупными челюстями, мощными затылочным и надбровным валиками, низким и покатым лбом и отсутствием подбородочного выступа. Объём их мозга составлял 800–1100 см^3, что вполне достаточно для развития речи. Они успешно охотились на носорогов и оленей, изготавливали

каменные орудия, использовали огонь, строили простые наземные конструкции типа шалашей и обустраивали пещеры.

Для дальнейшего развития человека огромное значение имело овладение членораздельной речью. В процессе эволюции речь впервые появилась для выражения различных эмоциональных состояний, но в дальнейшем, когда слова стали знаками для обозначения предметов и действий, а позднее и абстрактных понятий, речь начала выполнять ещё одну очень важную задачу. Наши далёкие предки вели общественный образ жизни, и речь была необходима для обмена информацией. С помощью речи родители могли обучать детей, т. е. появилась возможность передавать опыт из поколения в поколение. Преимущество в борьбе за существование начали получать те группы древних людей, которые поддерживали не только физически сильных особей, но и сохраняли стариков, как носителей знаний. К *биологическим факторам* эволюции постепенно присоединялись *социальные.*

Древние люди (палеоантропы, неандертальцы). Палеоантропы занимали промежуточное положение между архантропами и Человеком разумным. Они широко расселились на территории Африки, Европы и Азии в период от 250 до 35 тыс. лет назад. Это была очень неоднородная группа, в которой чётко выделялись две линии эволюции. Одна линия шла в направлении мощного физического развития: небольшой рост (155–165 см), мощная мускулатура, низкий скошенный лоб, толстые кости черепа, хорошо развитые челюсти.

Другая группа в физическом развитии значительно уступала первой, но имела преимущество в развитии головного мозга. В суровых условиях ледникового периода выживали любой ценой, но, как оказалось в дальнейшем, успеху в борьбе за жизнь способствовала совместная трудовая деятельность, коллективная охота, накопление и передача опыта, забота о соплеменниках – тот путь, по которому пошла вторая линия древних людей, давшая начало формированию нового вида – Человек разумный (Homo sapiens).

Современные люди (неоантропы). Неоантропы возникли около 50–40 тыс. лет назад. Некоторое время они существовали совместно с палеоантропами, но затем неандертальцы были полностью вытеснены первыми современными людьми – *кроманьонцами.* Внешне похожие на современного человека и владеющие речью, кроманьонцы изготавливали сложные костяные и каменные орудия, строили жилища и добывали огонь. Охота с применением совершенных орудий была очень эффективной, кроманьонцы широко использовали загонные

методы. Развивалось искусство: настенная живопись в пещерах, орнаменты на костяных поделках, каменная и костяная скульптура. Возникали ритуалы захоронений и культовые объекты, что говорит о зарождении религиозных верований. Большинство специалистов считает, что с появлением кроманьонцев эволюция человека вышла из-под ведущего контроля биологических факторов и приобрела черты социального характера.

После завершения формирования вид Homo sapiens сохраняет свою биологическую стабильность уже на протяжении десятков тысяч лет. Это объясняется тем, что в процессе социального развития (строительство жилищ, использование одежды, ведение сельского хозяйства) поддерживается относительное постоянство условий существования человечества.

Долгое время учёные считали, что эволюция человека была более-менее линейной: одна форма сменяла другую, и каждая новая была прогрессивнее, ближе к современному человеку, чем предыдущая. Сейчас ясно, что всё было гораздо сложнее. Эволюционное древо гоминид весьма разветвлённое. Временные интервалы существования многих видов сильно перекрываются. Иногда несколько разных видов гоминид, находящихся на разных «уровнях» близости к современному человеку, сосуществовали в одно и то же время.

Скорее всего, известные сегодня ископаемые гоминиды – лишь малая часть их подлинного разнообразия. Палеонтологическая летопись гоминид ещё крайне неполна.

Вопросы для повторения и задания

1. Что является источником информации для исследования антропогенеза?
2. От какой группы млекопитающих произошёл отряд приматов?
3. Как черты строения и образ жизни обезьяноподобных предков предопределили развитие признаков вида Человек разумный.
4. Охарактеризуйте прогрессивные черты в развитии древнейших людей.
5. Какое значение в эволюции человека имело овладение членораздельной речью?
6. Когда появились современные люди (неоантропы)?

Подумайте! Выполните!

1. Почему современных человекообразных обезьян нельзя считать предками человека?

2. Как связано развитие мозга и совершенствование орудий труда?

3. Какие данные могут свидетельствовать о высоком развитии высшей нервной деятельности кроманьонцев?

4. Объясните, почему в начале антропогенеза происходили относительно быстрые изменения в строении человека, а в последние 40 тыс. лет облик человека практически не изменился.

5. Организуйте экскурсию в местный краеведческий или исторический музей. Какие экспонаты музея посвящены древней истории вашего края? Есть ли среди них археологические находки эпохи кроманьонцев и более ранних периодов? По итогам экскурсии подготовьте отчёт (коллективный проект) на тему «Стоянки древних людей на территории района (края, области и т. д.)».

6. Если вас заинтересовала история развития человека, прочитайте книгу Рони Старшего «Борьба за огонь». Как вы думаете, в какую эпоху происходили описываемые в книге события? Какие из групп предшественников современного человека в них участвуют?

Работа с компьютером

Обратитесь к электронному приложению. Изучите материал и выполните задания.

20. Человеческие расы

Вспомните!
Какие расы человека вы знаете?
Что такое нация?

Всё современное человечество принадлежит к одному виду Homo sapiens (Человек разумный), внутри которого существуют крупные систематические подразделения – *расы.* Каждую расу характеризует совокупность наследственно обусловленных признаков, таких как цвет кожи, волос, глаз, форма носа и губ, рост, особенности строения черепа и др. Не все морфологические признаки человека являются расовыми, например развитие мускулатуры и жироотложения часто зависят от индивидуальных особенностей.

Большие расы. Обычно выделяют три *большие расы:* евразийскую (европеоидную), азиатско-американскую (монголоидную) и австрало-негроидную (экваториальную) (рис. 64). Большие расы разделяют на расы второго и третьего порядка, так называемые *малые расы.* Иногда австралоидов и американских индейцев выделяют в отдельные большие расы.

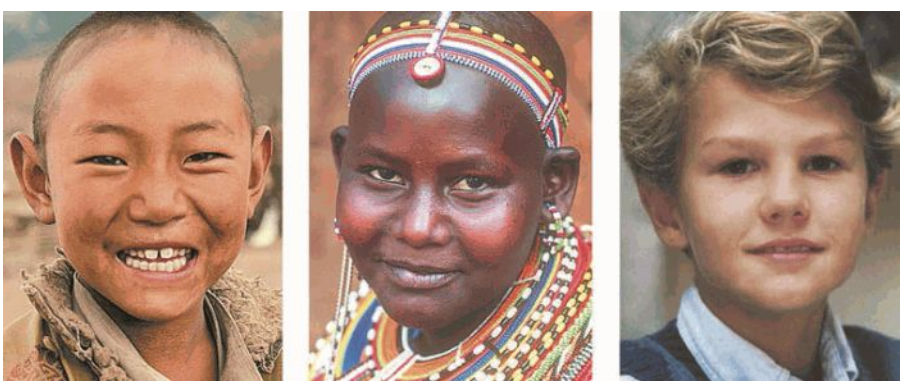


Рис. 64. Представители монголоидной, экваториальной и европеоидной рас

Европеоидная раса. Представители этой расы в основном светлокожие, имеют мягкие прямые или волнистые, часто светлые волосы. У большинства европеоидов тонкие губы, неширокий выступающий нос, как правило, сильно выступающий подбородок. У мужчин обычно хорошо растут борода и усы. Внутри европеоидной расы существует очень большая изменчивость по цвету волос и глаз, поэтому эту большую расу

делят на три крупные части: светлоокрашенную северную, тёмноокрашенную южную и среднеевропейскую с промежуточным типом пигментации. Сейчас европеоиды обитают на всех материках, но изначально они сформировались в Европе и Передней Азии.

Монголоидная раса. У типичных представителей этой расы кожа смуглая, желтоватых оттенков, глаза тёмно-карие, волосы жёсткие, прямые, тёмные. У мужчин волосяной покров на теле развит очень слабо, борода и усы, как правило, не растут. Лицо довольно плоское, скулы широкие, подбородок мало выдаётся вперёд. Для большинства монголоидов очень характерна сильно развитая и своеобразно расположенная складка верхнего века (эпикантус), которая прикрывает внутренний угол глаза, обуславливая тем самым несколько косое положение глазной щели. В настоящее время эта раса преобладает в Азии.

Экваториальная раса. Характерными чертами негроидов являются чёрные курчавые волосы, очень тёмная кожа и карие глаза. Борода и усы, как и у монголоидов, обычно растут слабо. Нос довольно плоский, мало выступающий, с широкими крыльями. У большинства представителей толстые губы и выступающий вперёд челюстной отдел черепа. Наиболее ярко признаки этой расы выражены у суданских негров.

Раса и нация. Расы – это биологические образования, но существуют сообщества человека, основанные на других принципах, которым люди часто придают большее значение. Необходимо чётко различать понятия «раса» и «нация». Национальные различия формируются на основе хозяйственных, политических, религиозных и других факторов. Для нации важно самосознание и культурное наследие, а не генетическое наследование, как для расы. Понятия расы и нации не совпадают, поэтому категорически нельзя употреблять такие сочетания, как «японская раса», «французская раса», «польская раса» и т. д.

Точно так же не существует связи между расой и языковой общностью. Например, народы, говорящие на тюркских языках, относятся и к европеоидам (турки и азербайджанцы), и к монголоидам (якуты), и к смешанным расовым типам (узбеки, туркмены). Для человека любой расы родным языком будет тот, в среде которого он вырос.

Происхождение рас. Среди учёных не существует единого мнения о времени формирования современных рас. Известно, что уже среди неоантропов существовало большое разнообразие физических типов. Около 40 тыс. лет назад началось стремительное расселение неоантропов по земному шару. Видимо, в результате этих миграций отдельные популяции людей

оказывались в разных природно-климатических условиях. Географическая изоляция способствовала закреплению в популяциях тех признаков, которые имели приспособительное значение и позволяли популяции максимально адаптироваться к местным условиям.

Тёмная кожа негроидов, например, поглощает ультрафиолетовые лучи, поэтому хорошо защищает от лучей тропического солнца. Курчавые волосы образуют вокруг головы воздушную прослойку, защищающую от перегрева. Узкая глазная щель и эпикантус предохраняют глаза монголоидов от пыли, переносимой ветром в степях, или от снежной пурги и ярких лучей, отражённых от заснеженных пространств, на севере. Светлая кожа европеоидов в результате воздействия ультрафиолетовых лучей образует витамин D, тем самым предохраняя организм от рахита, а крупный размер носа жителей высокогорных районов имеет важное значение при дыхании холодным разреженным воздухом.

С течением времени интенсивность действия биологических факторов эволюции снижалась, формировались социальные взаимоотношения, и ни одна из рас не достигла в своём развитии уровня вида. По мере развития общества расовые признаки потеряли своё адаптивное значение, например отличия в терморегуляции у представителей негроидной и европеоидной рас становятся незначимыми, если человек живёт в доме, носит одежду, пользуется кондиционерами и обогревателями. Для современного человека определяющим является не цвет кожи и форма глаз, а способность реализовать себя как личность, возможность развить и проявить свои интеллектуальные качества.

Видовое единство человечества. Все расы человека равноценны в биологическом и психологическом отношениях. Признаки, которыми мы отличаемся друг от друга, не носят принципиального видового значения и не представляют биологическую ценность для существования человека в какой бы то ни было среде. Поэтому с биологической точки зрения эти различия ни в коем случае не позволяют говорить об общем превосходстве или неполноценности той или иной расы.

В составе любой человеческой расы можно найти более типичных и менее типичных её представителей. Так как абсолютно идентичных людей в человеческой популяции не существует, утверждение о так называемых «чистых расах» не имеет оснований. Точно так же не имеют смысла рассуждения о «низших» и «высших» расах, потому что при равных условиях представители любой расы способны достичь одинаковых успехов. Ещё Николай Николаевич Миклухо-Маклай доказал, что

в строении мозга папуасов Новой Гвинеи, австралийских аборигенов и европейцев нет никаких принципиальных различий.

Исчезновение классовых и религиозных барьеров, свобода перемещения людей в пределах всего земного шара увеличивают количество смешанных браков, что приводит к смешению расовых признаков и возрастанию генетического разнообразия человечества. Например, в нашей стране сейчас более 45 млн человек относится к переходному европеоидно-монголоидному типу. Смешение рас говорит о видовом единстве человечества. Видовая общность человечества является одним из доказательств единства происхождения человеческих рас, так как в случае происхождения от разных видов животных человеческие расы в настоящее время были бы, по меньшей мере, разными видами.

Большое генетическое разнообразие человечества – залог процветания и гарантия его дальнейшего прогресса. Именно разнообразие генофондов обеспечивает выживание сообществ, а социальная эволюция создаёт оптимальные возможности для раскрытия индивидуальных способностей каждого человека.

Известные исследователи А. Жакар и Р. Уорд писали: «…сила нашего вида не столько в благоприятных аллелях, одарённых индивидуумах или специфических достижениях общественных систем, а в разнообразии людей и их генов… Необходимо убедить каждого человека и каждую группу, что другой человек богат в той степени, в какой он отличается от них…»

Вопросы для повторения и задания

1. Какие большие расы выделяют внутри вида Человек разумный?
2. Какие механизмы лежат в основе формирования человеческих рас?
3. Приведите доказательства единства происхождения рас.
4. Почему в процессе эволюции ни одна из рас не достигла в своём развитии уровня вида?
5. В чем заключаются отличия расы и нации?

Подумайте! Выполните!

1. Докажите, что все человеческие расы принадлежат к одному виду – Человек разумный. Объясните несостоятельность расизма.
2. Как вы считаете, будут ли усиливаться или сглаживаться расовые признаки в будущем человеческом обществе? Обоснуйте своё мнение.
3. Как можно представить будущее развитие человека? Напишите эссе на эту тему.

4. Сравните понятия «раса», «нация», «языковая общность». В чём их сходство и отличия? Принадлежность к какой из этих трёх категорий более значима лично для вас? Объясните свою точку зрения.

5. В режиме «круглого стола» проведите обсуждение проблемы межрасовых противоречий, существующих в настоящее время в ряде государств. Выскажите своё мнение об этой проблеме. Какие меры, на ваш взгляд, могут сгладить расовую неприязнь и нормализовать общечеловеческие отношения в современном обществе?

6. Подготовьте презентацию или реферат на тему «Современный расизм как глобальная проблема».

7. Примите участие в организации школьной выставки «Я – гражданин планеты Земля».

Работа с компьютером

Обратитесь к электронному приложению. Изучите материал и выполните задания.

Ваша будущая профессия

1. Люди каких профессий вносят свой вклад в развитие синтетической теории эволюции? Выберите одну из этих профессий, которая вам наиболее интересна, и подготовьте о ней небольшое (не более 7–10 предложений) сообщение.

2. Выясните, что изучает наука палеоботаника. Как работа специалистов в этой области связана с темой данной главы?

3. Докажите, что базовые знания об эволюции необходимы не только биологам, но и специалистам в других областях естественных наук.

Глава 2. Экосистема

ТЕМЫ
- *Экологические факторы*
- *Структура экосистем*
- *Биосфера – глобальная экосистема*
- *Биосфера и человек*

Один организм, одна популяция и даже целый вид не способны к самостоятельному изолированному существованию. Судьба всех живых существ, в том числе и человека, зависит от того, насколько корректными будут взаимоотношения между разными группами живых организмов, насколько оптимальным будет взаимодействие организмов с окружающей средой. ***Высший структурный уровень организации живой материи****, система высшего ранга, охватывающая все явления жизни в атмосфере, гидросфере и литосфере, –* ***биосфера*** *– это хрупкая структура, целостность которой зависит от каждого из нас. Если слишком сильно изменятся условия, определяющие стабильное существование биосферы, тонкий слой жизни, покрывающий нашу планету и придающий ей уникальность, может разрушиться. Что же определяет постоянство и изменчивость биосферы? Что грозит ей катастрофами? Каковы те правила, которые человек должен*

соблюдать, живя в общем доме под названием ***Земля?*** *Для того чтобы ответить на эти вопросы, нам надо изучить структуру и особенности функционирования биосферы.*

21. Организм и среда. Экологические факторы

Вспомните!

Что изучает наука экология?

Какие экологические факторы вам известны?

Как организм состоит из отдельных клеток, которые в сумме создают некое единство, обладающее новыми качествами, так и биосфера состоит из своих функциональных единиц – экосистем. ***Экосистема*** *– это совокупность совместно обитающих организмов и условий их существования, находящихся в закономерной взаимосвязи друг с другом и функционирующих как единое целое.*

Итак, речь идёт об определённых группировках растений, животных, грибов и микроорганизмов, которые взаимодействуют друг с другом и с окружающей средой. Такие системы существовали задолго до появления человека. По сути, биологическая история Земли – это история существования экосистем, взаимоотношения внутри которых и между которыми, собственно, и определяли эволюционный процесс. В отсутствие человека естественные природные экосистемы будут продолжать своё существование, даже порой, пожалуй, более успешно, чем при его вмешательстве. Поэтому, если мы хотим оставаться равноправными членами биосферы, нам надо обладать конкретными знаниями и соблюдать определённые правила.

Задачи экологии. *Науку о взаимоотношениях организмов между собой и с окружающей средой называют* ***экологией*** (от греч. oikos – дом, убежище, местопребывание и logos – наука, учение). Впервые термин «экология» в 1866 г. ввёл немецкий зоолог и эволюционист Эрнст Геккель.

Экология изучает:

– воздействие окружающей среды на растительные и животные организмы, популяции, виды и экосистемы;

– взаимодействия живых организмов друг с другом;

– структуру популяций и механизмы, определяющие численность особей в них;

– продуктивность экосистем и закономерности их функционирования;

– влияние экологических факторов на человека и воздействие человека на другие организмы, популяции, виды и экосистемы.

Важной проблемой, стоящей перед современными экологами

и всем человечеством в целом, является сохранение природных экосистем и создание безотходных промышленных предприятий. По мере ускорения темпов научно-технического прогресса воздействие человечества на природу становится всё более сильным. Необходимо иметь возможность предсказывать последствия хозяйственной деятельности человека, создавать более продуктивные агроценозы, разумно использовать природные ресурсы. В последнее время в связи с негативными последствиями влияния человека на биосферу практическое значение экологии резко возрастает. Природоохранные мероприятия, решение многих производственных и научно-технических задач основываются на экологических знаниях и экологическом подходе.

Среда обитания и экологические факторы. С экологической точки зрения *среда обитания* – это часть природы, которая окружает живые организмы и оказывает на них прямое или косвенное воздействие. Живые организмы постоянно испытывают на себе влияние как факторов неживой природы, так и других организмов, вместе с которыми они обитают. Любой компонент среды, способный оказывать влияние на организмы, называют *экологическим фактором.* В ответ на действие факторов внешней среды у организмов в процессе естественного отбора вырабатываются приспособительные реакции, которые позволяют им выживать и оставлять потомство.

Различают три группы экологических факторов: абиотические, биотические и антропогенные.

Абиотические факторы *– это элементы неживой природы, воздействующие на живой организм.* К ним относят такие характеристики неживой природы, как свет, температуру, влажность, химический состав воды, воздуха, почвы, давление, рельеф местности, ветер, водные течения, приливы и отливы, смену времён года и многие другие.

Биотические факторы *– это все виды влияния на организмы со стороны других живых организмов.* Такое воздействие может быть прямым, например, если хищник съедает свою жертву, или косвенным, если один организм изменяет среду обитания другого организма.

Антропогенные факторы *– это все формы человеческой деятельности, которые оказывают воздействие на живую природу.* На протяжении истории человечества значение этой группы факторов неуклонно возрастает.

Закономерности влияния экологических факторов на организмы. Большинство экологических факторов постоянно изменяются во времени и пространстве. Причём эта изменчивость

может быть регулярной, периодической (например, смена суточной освещённости, сезонные изменения температуры, приливы и отливы, уменьшение количества кислорода при подъёме в горы и т. д.) или нерегулярной (изменения погоды, наводнение, лесной пожар).

Степень воздействия любого фактора на живые организмы зависит от его интенсивности и от того, как в данный момент действуют остальные факторы. Например, в морозы животные могут замерзать при нехватке корма и нормально себя чувствовать, если пищи достаточно. При низкой влажности воздуха человек значительно легче переносит жару.

На организм одновременно влияют многочисленные и разнообразные факторы среды, и у каждого вида существуют свои пределы выносливости по отношению к их воздействию. Например, лишайники выдерживают колебания температуры от -70 до +60 °С, а некоторые виды океанических рыб способны существовать только при температуре от -2 до +2 °С. При 0 °С у таких рыб обмен веществ идёт наиболее интенсивно, а при температуре более 2 °С рыбы перестают двигаться и впадают в тепловое оцепенение. То значение фактора, которое наиболее благоприятно для жизнедеятельности, роста и размножения организмов, называют *оптимальным* или *зоной оптимума.* Диапазон изменчивости фактора, в пределах которого возможна жизнедеятельность организмов, называют *диапазоном выносливости.* Крайние значения фактора, за которыми условия становятся непригодными для жизни и вызывают гибель организмов, – это *пределы выносливости.* Между зоной оптимума и крайними точками находятся *зоны угнетения,* или *стрессовые зоны,* которые характеризуются увеличением или уменьшением действия фактора, что ухудшает жизнедеятельность особей (рис. 65).

Некое растение может чувствовать себя наиболее комфортно при температуре +24 °С (*точка оптимума*), продолжать активно расти в диапазоне температур от +20 до +28 °С, испытывать угнетение при дальнейшем изменении температуры в сторону её увеличения или уменьшения и в конце концов погибнуть, если температура опустится ниже +5 °С или поднимется выше +38 °С.

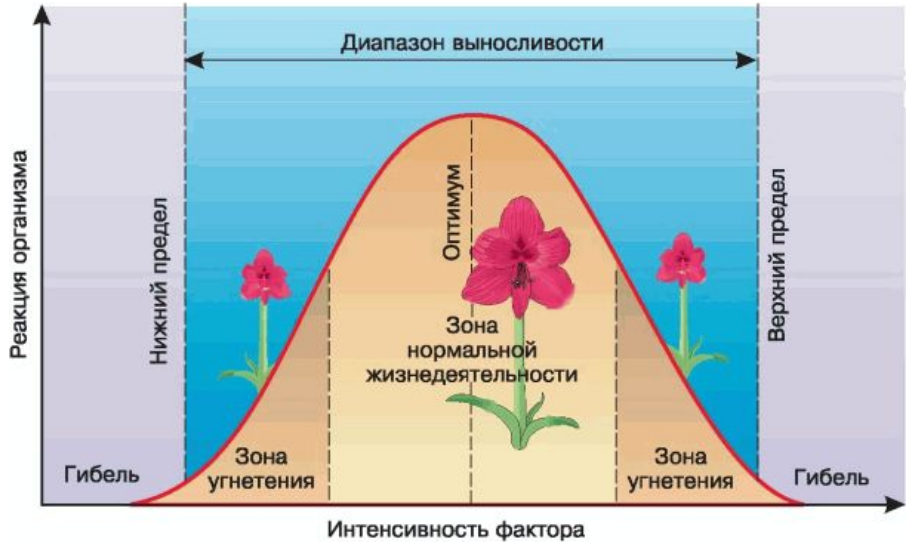


Рис. 65. Действие экологического фактора на организм

Для каждого вида организмов существуют оптимум, стрессовые зоны и пределы выносливости в отношении каждого фактора среды.

Виды могут существенно различаться с точки зрения оптимальных условий и пределов выносливости. Например, количество воды, оптимальное для одного вида, вызовет стресс у другого и приведёт к гибели третий. Некоторые растения вообще не переносят заморозков, другие способны выживать при небольших холодах, а, например, даурская лиственница в Сибири выдерживает морозы до -70 ˚С.

По отношению к факторам среды различают холодо– и теплолюбивые виды, влаго– и сухолюбивые, светолюбивые и теневыносливые. Некоторые организмы способны существовать в очень широком диапазоне изменчивости факторов, такие виды распространены повсеместно. Другим же для нормальной жизнедеятельности необходим очень строгий узкий диапазон условий, например некоторые зелёные водоросли способны существовать только при температуре 0 ˚С.

Все факторы среды действуют совместно, поэтому, если интенсивность одного из них отклоняется от оптимальной величины, организмы начинают испытывать угнетение, несмотря на присутствие остальных факторов. Как бы мы ни поливали и ни подкармливали теплолюбивое растение, если температура снизится до 0 ˚С, оно погибнет. В данном примере температура является ограничивающим фактором для растения. Впервые на существование *ограничивающих,* или *лимитирующих, факторов* обратил внимание немецкий химик Юстус Либих (1803–1873). Он

сформулировал закон, который называют ***законом минимума Либиха:*** *даже единственный фактор за пределами зоны своего оптимума приводит к стрессовому состоянию и в пределе – к гибели организма.* Лимитирующие факторы определяют границы ареала распространения того или иного вида (рис. 66). Например, при наличии оптимальной температуры, света и влажности крапива будет расти только на почвах, богатых азотом. Следовательно, в данных условиях лимитирующим фактором для этих растений служит количество азота.

Рис. 66. Глубина снежного покрова – ограничивающий фактор в распространении оленей

Все факторы окружающей среды, которые воздействуют на представителей определённого вида, взаимосвязаны между собой, поэтому в процессе эволюции организмы приспосабливаются не к каждому фактору в отдельности, а сразу к целому их комплексу. *Совокупность всех факторов, которая требуется для существования вида,* называют ***экологической нишей.***

Вопросы для повторения и задания

1. Расскажите о задачах экологии.
2. Какие экологические факторы вы знаете?
3. Сформулируйте закон минимума Либиха.
4. Поясните, каким образом может проявиться ограничивающее действие фактора среды.
5. Что такое экологическая ниша? Охарактеризуйте экологическую нишу хорошо известного вам вида.

Подумайте! Выполните!

1. Объясните происхождение слова «экология».
2. Может ли жизнедеятельность организмов

ограничиваться фактором, находящимся в избытке? Докажите ваше мнение.

3. Оцените работу местных средств массовой информации (СМИ) (радио, телевидение, журналы, газеты, интернет-ресурсы) как достоверных источников информации об экологическом состоянии вашего региона.

4. Объясните, в чём некорректность словосочетания «плохая экология». Какой смысл вкладывают в него люди, его использующие, и что реально обозначает это словосочетание?

5. В русском языке существует поговорка: «Кашу маслом не испортишь», – которую применяют и к некоторым хозяйственным делам. Противоречит ли эта поговорка закономерностям влияния экологических факторов на организмы? Объясните свою точку зрения.

Работа с компьютером

Обратитесь к электронному приложению. Изучите материал и выполните задания.

22. Абиотические факторы среды

Вспомните!
Что такое среда обитания?
Какие факторы относят к факторам неживой природы?

В процессе исторического развития организмы приспосабливаются к определённому комплексу абиотических факторов, которые становятся обязательными условиями их существования. При этом в процессе жизнедеятельности организмы сами участвуют в формировании абиотической (неживой) среды. В ходе фотосинтеза растения поглощают углекислый газ и выделяют в атмосферу кислород, животные-фильтраторы очищают воду, зелёные насаждения препятствуют эрозии почвы, а растения из семейства бобовых обогащают почву азотом – подобных примеров можно приводить множество.

Рассмотрим влияние основных абиотических факторов на живые организмы.

Температура. Температура – один из важнейших абиотических факторов, который действует всегда и везде. Именно температура обусловливает скорость биохимических реакций и влияет на большинство физических процессов.

Хотя оптимальный температурный режим для большинства видов находится в пределах от +15 до +30 °С, существуют организмы, которые способны выдерживать очень высокие или низкие температуры. Например, некоторые бактерии и водоросли обитают в горячих источниках при температуре +85–87 °С. Хорошо выдерживают перепады температуры покоящиеся стадии развития организмов – цисты, куколки насекомых, споры бактерий, семена растений.

Все беспозвоночные и большинство позвоночных животных являются *холоднокровными* организмами, которые не способны поддерживать постоянную температуру своего тела. Их температура зависит от теплового режима окружающей среды. Поэтому в холодное время года активность таких животных сильно снижается. Птицы и млекопитающие – *теплокровные* животные, они имеют практически постоянную температуру тела, не зависящую от температуры окружающей среды. Поддержание высокой температуры тела у теплокровных организмов обеспечивается высоким уровнем обмена веществ, совершенной терморегуляцией и хорошей теплоизоляцией.

Так как температура подвержена суточным и сезонным колебаниям, организмы вынуждены приспосабливаться к

подобным изменениям. В холодное время года у млекопитающих развивается более густой и длинный мех, в подкожной жировой клетчатке активно накапливается жир, который обеспечивает теплоизоляцию, у птиц зимой увеличивается масса перьев. У некоторых животных выработались поведенческие адаптации к сезонному снижению температуры: миграции, перелёты, рытьё нор и поиск убежищ. В пустынях, где днём температура почвы может достигать +60–70 °С, животные зарываются в песок или прячутся в норы. У растений в жаркое время года усиливается испарение с поверхности листьев.

Влажность. Вода необходима для жизни всем живым организмам. Причём если для наземных животных и растений особенно опасна потеря влаги, то для организмов, обитающих в воде, наоборот, избыток воды в организме может нарушить солевой баланс. Поэтому у водных организмов возникают различные приспособления для выведения лишней воды, например сократительные вакуоли у инфузории туфельки.

Для наземных живых организмов влажность – это один из важнейших факторов, который определяет их распространение. В течение жизни вода неизбежно теряется организмом, поэтому её запасы надо постоянно пополнять. В зависимости от экологических условий у организмов выработались разнообразные приспособления для снабжения себя водой и экономии влаги. У таких засухоустойчивых растений, как верблюжья колючка, саксаул, пустынная полынь очень глубокая корневая система (рис. 67). Другие растения пустынь и полупустынь имеют узкие жёсткие листья, покрытые восковым налётом, что значительно снижает потери воды при испарении. Некоторые растения – суккуленты (кактусы, молочаи) обладают сильно развитой водозапасающей тканью, а их листья превращены в колючки или чешуйки (рис. 68). Интересны адаптации некоторых степных растений, которые успевают за короткий влажный весенний период вырасти и отцвести. Засушливое время года они переживают в виде семян, луковиц, клубней.

Животные, обитающие в условиях пониженной влажности, тоже имеют определённые приспособления. Многие из них никогда не пьют и используют только ту жидкость, которая находится в пище. Препятствует испарению влаги плотный хитиновый покров наземных членистоногих. В процессе эволюции, перейдя к наземному существованию, полностью утратили кожные железы пресмыкающиеся. Ряд животных (насекомые, верблюды, сурки) используют для жизнедеятельности метаболическую воду, которая образуется при

расщеплении жира. У паукообразных в ходе приспособления к экономии влаги изменился обмен веществ – выделяются обезвоженные продукты метаболизма (почти сухие кристаллы мочевой кислоты).

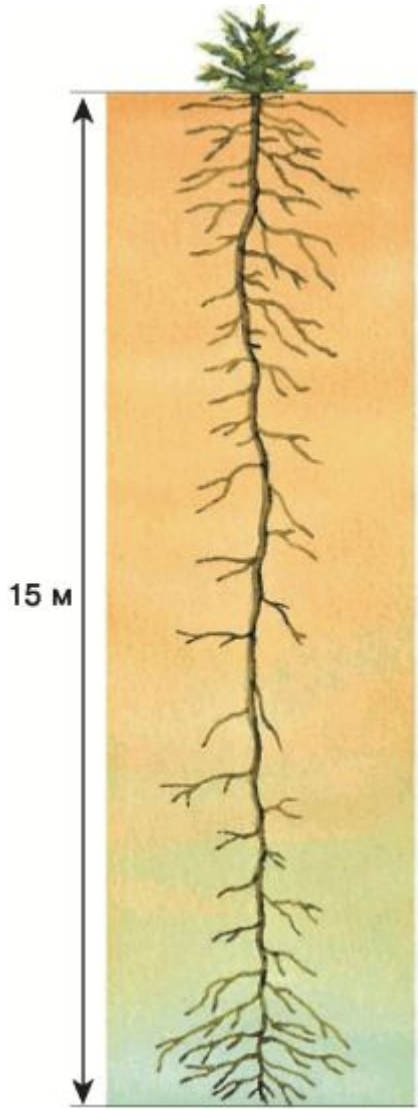


Рис. 67. Корневая система верблюжьей колючки

Большое значение для животных засушливых областей имеют приспособительные особенности поведения – поиск укрытий, ночной образ жизни. При большой сухости воздуха многие пустынные животные прячутся в норы и плотно закрывают в них вход. Воздух в замкнутом помещении быстро насыщается водяными парами, что препятствует дальнейшей потере влаги

организмом. В период засухи многие грызуны, черепахи, змеи, некоторые насекомые впадают в спячку.

Свет. Основной источник энергии для живых организмов – это солнечный свет. Его биологическое влияние зависит от интенсивности, продолжительности действия, спектрального состава, суточной и сезонной периодичности.

Рис. 68. Кактусы – растения, обладающие сильно развитой водозапасающей тканью

Ультрафиолетовая часть спектра способствует образованию у животных витамина D. Эти лучи воспринимают органы зрения насекомых, а у растений ультрафиолет обеспечивает синтез пигментов и витаминов. *Видимая часть спектра* наиболее значима для организмов. Благодаря освещённости животные ориентируются в пространстве, а у растений осуществляется фотосинтез. *Инфракрасные лучи* – источник тепловой энергии, который очень важен для холоднокровных организмов.

В зависимости от требований к условиям освещённости растения подразделяют на светолюбивые, теневыносливые и тенелюбивые. Светолюбивые растения – это обитатели открытых местностей, они плохо переносят даже незначительное затенение (например, растения степей, белая акация). При рассеянном свете в затенённых местах растёт большинство папоротников и мхов, а рекордсменом по обитанию в затемнённых условиях являются морские водоросли.

Важным фактором в жизни растений и животных является

продолжительность светового дня и смена сезонов года. Изменение длины светового дня для многих организмов служит сигналом для изменения физиологической активности. Это явление называют *фотопериодизмом.* В процессе эволюции у животных и растений выработались определённые *биологические ритмы* – суточные и сезонные. От длины дня зависят сроки цветения и созревания плодов у растений, миграция птиц, смена шёрстного покрова у млекопитающих, начало брачного сезона, подготовка к зимней спячке и т. д. Существенно отличается образ жизни ночных и дневных животных. У растений в определённые часы открываются и закрываются цветки.

Ритмический характер имеют многие биохимические и физиологические процессы в организме человека. Известно более ста различных параметров, которые изменяются с ритмом в 24 часа (температура тела, артериальное давление, выделение гормонов и др.). Исследование биоритмов человека очень важно для организации оптимального режима труда и отдыха, разработки мер профилактики и лечения различных заболеваний.

Распространение тех или иных видов определяют не только свет, влажность и температура, но и другие абиотические параметры среды. Например, в прибрежной полосе океана могут обитать только определённые виды растений, выдерживающие повышенную засолённость почвы, а ветер влияет на расселение и миграцию пауков и летающих насекомых.

Вопросы для повторения и задания

1. Какие приспособления к изменениям температуры окружающей среды существуют у растений и животных?
2. Расскажите о приспособлениях живых организмов к недостатку воды.
3. Благодаря какой части спектра солнечного излучения у растений осуществляется фотосинтез?
4. Расскажите, что вам известно о биологических ритмах живых организмов.

Подумайте! Выполните!

1. Какие климатические условия и почва характерны для вашего региона?
2. Как вы думаете, почему при постоянном направленном изменении абиотических условий среды приспособление живых организмов к этим изменениям не может быть бесконечным?
3. Почему на птицефермах и в тепличном хозяйстве применяют дополнительное искусственное освещение, увеличивающее длину светового дня?

4. Решите задачу по размещению комнатных растений в помещении в зависимости от экологической характеристики вида.

Работа с компьютером

Обратитесь к электронному приложению. Изучите материал и выполните задания.

Повторите и вспомните!

Растения

Наиболее характерные представители тенелюбивых растений – водоросли, обитающие в толще воды. Свет, проходя через толщу воды, постепенно рассеивается, поэтому водоросли, обитающие на разных глубинах, обладают различным набором пигментов. Значительно возрастает роль вспомогательных пигментов, появление которых маскирует основной фотосинтетический пигмент – хлорофилл. В результате вместо характерной для растений зелёной окраски водоросли могут иметь и другие цвета.

Наиболее глубоководные растения – это красные водоросли (багрянки), многочисленная группа (около 4 тыс. видов) в основном морских обитателей. Внешне красные водоросли очень разнообразны: есть одноклеточные, колониальные, нитчатые, пластинчатые; расчленённые талломы некоторых напоминают кораллы или вегетативные органы высших растений. Многоклеточные формы прикрепляются к камням, ракушкам нитевидными выростами – ризоидами.

Окраска водорослей (от розовой до тёмно-красной) определяется своеобразным набором пигментов. Кроме хлорофилла *a* и *b,* присутствует хлорофилл *d,* более не встречающийся ни у каких растений, каротиноиды, а также синий пигмент (фикоцианин) и красный (фикоэритрин). Толща воды поглощает оранжево-красные лучи, пропуская сине-зелёные, которые могут быть использованы красно-бурыми пигментами. Благодаря наличию красного пигмента водоросли этой группы могут поселяться на значительной глубине (до 200 м), недоступной для большинства других водорослей. Хроматофоры (хлоропласты) багрянок имеют форму дисков.

Из красных водорослей добывают агар-агар, который используют в пищевой промышленности для приготовления желе, мармелада, пастилы и других продуктов, при производстве бумаги, в микробиологических лабораториях (для приготовления

питательных сред).

Животные

Амниоты: жизнь в условиях дефицита влаги. Настоящие первичноназемные позвоночные (рептилии, птицы, млекопитающие) образуют группу амниот. Круглоротые, рыбы и амфибии относятся к первичноводным животным – анамниям. Амниоты обладают принципиальными отличиями от анамний. Это связано с особенностями их водного обмена и отражает способность амниот развиваться в наземно-воздушной среде в условиях дефицита влаги. Вспомним основные характерные черты этой группы позвоночных животных.

Защита организма от потери влаги через испарение с поверхности кожи привела к образованию в эпидермисе рогового вещества, т. е. к ороговению кожи. У всех амниот (кроме млекопитающих) резко сокращается число кожных желёз. Такая кожа становится мало проницаемой для воды и газов. Функция дыхания практически целиком переходит к лёгким. Лёгкие располагаются глубоко в полости тела, и к ним ведут особые воздухоносные пути – трахея и бронхи. С изменением дыхательной системы меняется и кровеносная. Появление полной или неполной перегородки в желудочке приводит к обособлению второго, лёгочного круга кровообращения.

В выделительной системе амниот функционируют не туловищные (первичные), а тазовые (вторичные) почки. Строение этих почек обеспечивает экономию воды. Нефроны тазовых почек имеют длинные извитые канальцы, на протяжении которых происходит обратное всасывание воды из мочи в кровь.

Все амниоты имеют внутреннее оплодотворение. Развивающийся эмбрион защищён зародышевыми оболочками.

23. Биотические факторы среды

Вспомните!
Что такое среда обитания?
Какие факторы относят к факторам живой природы?

В природе существование каждого живого организма зависит не только от абиотических факторов, но и от обитающих рядом других организмов. Всю совокупность сложных и многообразных влияний одних организмов на другие называют биотическими факторами. Разные виды, живущие на одной территории, практически всегда прямо или косвенно воздействуют друг на друга. Конечно, можно найти многочисленные примеры, когда существование видов является независимым, например кукушка и олень, живущие в одном лесу, но, как правило, такие случаи иллюстрируют опосредованные взаимоотношения организмов. Обычно совместное существование видов вызывает возникновение определённых приспособлений и зависимости друг от друга.

Рассмотрим наиболее распространённые в природе типы биотических факторов.

Хищничество. Это один из самых распространённых видов взаимоотношений в природе, который играет важную роль в поддержании равновесия в экосистемах. Хищники – организмы, которые ловят, умерщвляют и поедают свою жертву (рис. 69). Взаимоотношения *«хищник-жертва»* встречаются во всех царствах живой природы. Кроме животных-хищников существуют хищные грибы и растения (росянка, венерина мухоловка и др.) (рис. 70).

Рис. 69. Примеры хищничества в животном царстве

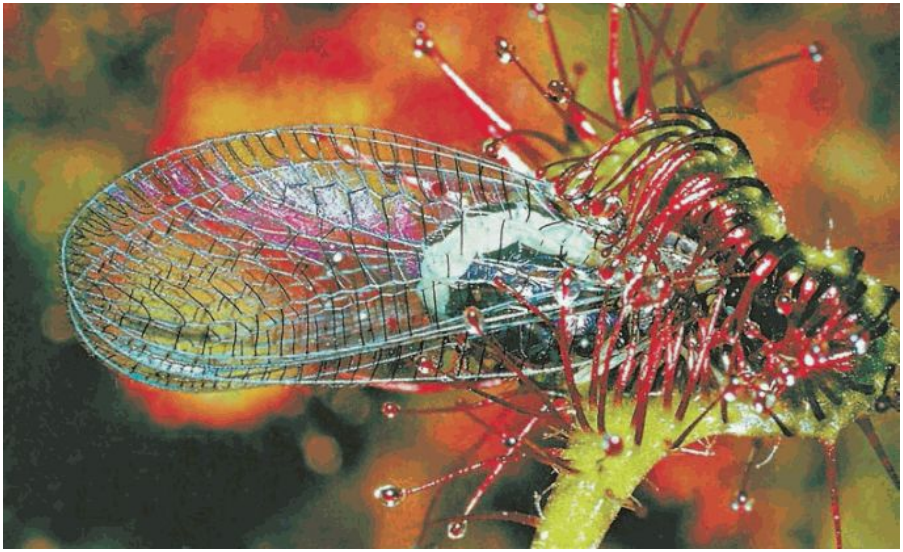


Рис. 70. Хищное растение росянка

Если популяции жертв и хищников долгое время сосуществуют вместе, между ними складываются равновесные взаимоотношения – с увеличением популяции жертвы возрастает численность хищников, т. е. осуществляется биологическая регуляция численности популяций (рис. 71). Как правило, в природе хищники в первую очередь уничтожают больных или ослабленных особей, тем самым способствуя обновлению и укреплению популяции жертвы. Нередко полное уничтожение хищников вызывало сначала резкое увеличение численности популяции жертвы. Однако в дальнейшем это приводило к подрыву кормовой базы, развитию заболеваний и, как следствие, к массовой гибели жертв.

В процессе эволюции происходит постоянное совершенствование и хищников, и жертв. У крупных хищников – волков, живущих стаями, вырабатывается сложное согласованное поведение при охоте на копытных. Большинство хищников способно переключаться с одной добычи на другую, более доступную и многочисленную. Узкая специализация поставила бы хищников в жёсткую зависимость от процветания жертвы. Так, лисы могут питаться не только зайцами, но и грызунами, лягушками, а при необходимости и наведаться в курятник.

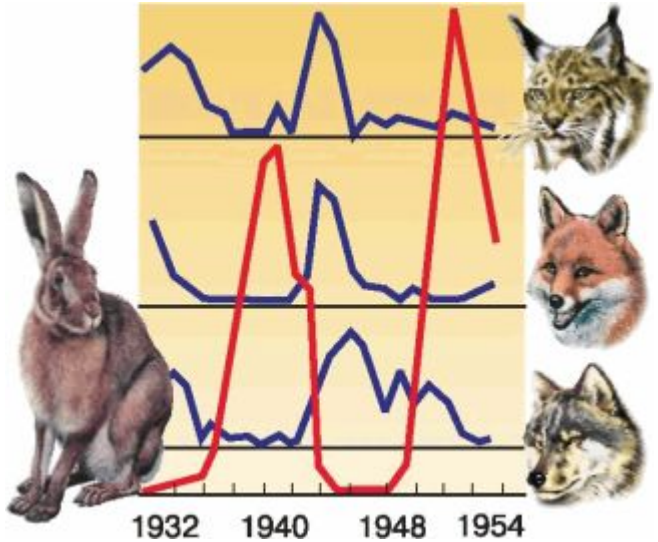


Рис. 71. Взаимосвязь колебаний численности популяций в системе «хищник – жертва»

В свою очередь, жертвы в процессе естественного отбора совершенствуют средства защиты и избегания хищников. Яды растений, сложное приспособительное поведение животных, покровительственная окраска, мимикрия, панцири и шипы – всё это способствует выживанию жертв.

В определённых условиях при ограниченности пищевых ресурсов и пространства в популяции может возникнуть *каннибализм* (поедание особей своего вида) – одна из форм хищничества. Каннибализм известен у насекомых, хищных рыб, паукообразных и других организмов.

Паразитизм. Это форма межвидовых взаимоотношений, в процессе которых один из видов (паразит) использует другого (хозяина) в качестве среды обитания или источника пищи, нанося ему существенный вред. Паразиты встречаются практически во всех таксономических группах, начиная от внутриклеточных паразитов – вирусов и кончая высшими растениями и многоклеточными животными (рис. 72).

Совместная эволюция популяций паразитов и хозяев приводила к возникновению многочисленных адаптаций с обеих сторон. К специфическим приспособлениям паразитов, которыми они отличаются от свободноживущих организмов, относятся разнообразные органы прикрепления, высокая плодовитость, сложные циклы развития и др. Причём следует отметить, что паразиты, как правило, снижая жизнеспособность хозяина, не вызывают его быстрой гибели, потому что в итоге это привело бы к гибели самого паразита.

Рис. 72. Повилика – растение-паразит

Паразитов подразделяют на *обязательных,* для которых паразитизм – единственно возможный образ жизни (ленточные черви), и *необязательных,* которые способны также и к самостоятельному существованию (некоторые нематоды).

Существуют *наружные паразиты,* которые обитают на поверхности тела хозяина, коже, жабрах (комары, слепни, клещи), и *внутренние паразиты,* живущие в полостях тела, органах, клетках (лямблии, аскариды, печёночный сосальщик, малярийный плазмодий). Паразитизм может быть *вре́менным,* если паразиты используют хозяина только в момент питания (кровососущие насекомые), или *постоянным.* В последнем случае паразиты на всех стадиях своего жизненного цикла связаны с одним или несколькими хозяевами.

Конкуренция. Это вид взаимоотношений, при которых организмы соревнуются за одни и те же ресурсы окружающей среды. В природе конкурентные взаимоотношения могут возникать между особями одного вида (*внутривидовая конкуренция*) и разных видов (*межвидовая конкуренция*). Наиболее острую внутривидовую конкуренцию Ч. Дарвин рассматривал как важнейшую форму борьбы за существование (§ 4).

Межвидовая конкуренция, как правило, возникает между особями экологически близких видов, обитающими на одной территории. Формы конкурентной борьбы могут быть самыми разнообразными – от прямой физической борьбы до относительно мирного сосуществования. Однако, обычно, если виды вступают в конкурентные взаимоотношения за общие ресурсы, то постепенно один из них вытесняет другой. Такое явление называют *конкурентным исключением.* Одновременно в одной экосистеме могут ужиться только те виды, которые заняли разные экологические ниши и не конкурируют друг с другом. Разделение

ресурсов может произойти за счёт, например, поведенческой специализации – разные виды птиц питаются определённым типом корма (насекомыми, семенами, орехами и т. д.) – или за счёт разделения мест обитания. Так, в пологовом ярусе листопадного леса обитает певчий дрозд, в кустарниковом – мухоловка-пеструшка, а в травяном – крапивник.

Симбиоз. Различные формы совместного существования видов, при которых оба партнёра извлекают пользу, т. е. получают преимущество в борьбе за существование, называют симбиозом (от греч. symbiosis – совместная жизнь). В симбиотические отношения могут вступать бактерии, водоросли, грибы, простейшие, высшие растения и животные.

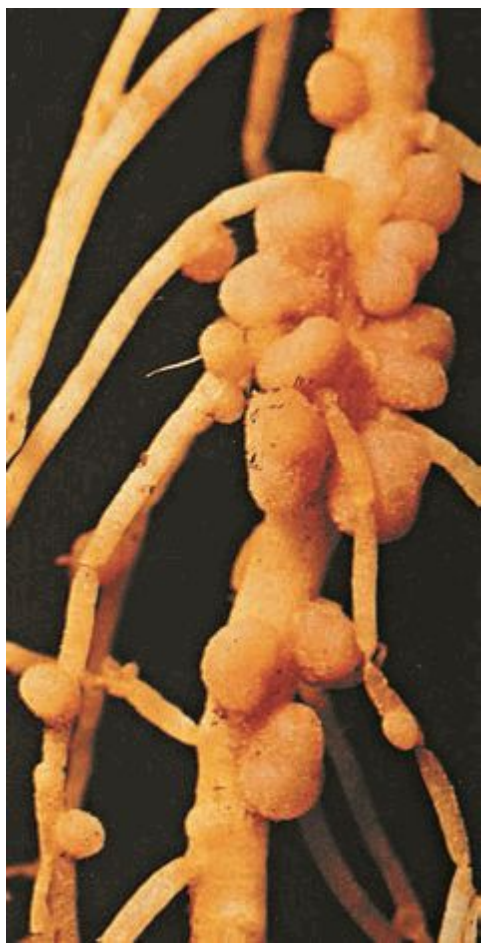


Рис. 73. Симбиоз клубеньковых бактерий с растениями семейства бобовых

Взаимовыгодные отношения играют очень важную роль в функционировании экосистем. Например, более 75 % видов

цветковых растений живут в симбиозе с грибами. Грибница врастает в корни и снабжает растения минеральными соединениями, а растение, в свою очередь, питает гриб органическими веществами. Симбиоз клубеньковых бактерий с бобовыми растениями позволяет последним селиться на почвах, бедных азотом (рис. 73). Бактерии, живущие на корнях, усваивают атмосферный азот, включая его в состав аминокислот, и снабжают этими органическими соединениями своего симбионта.

Классическим примером симбиоза является сожительство раков-отшельников с мягкими коралловыми полипами – актиниями (рис. 74). Рак поселяется в пустой раковине моллюска и возит её на себе вместе с полипом. Такое сосуществование взаимовыгодно: перемещаясь по дну, рак увеличивает пространство, которое актиния может использовать для ловли добычи. В то же время актиния маскирует жилище рака и обеспечивает его защиту при помощи стрекательных клеток, расположенных в щупальцах.

Другим характерным примером симбиоза служит опыление растений представителями животного царства. Всем известны насекомые-опылители, но, например, в тропиках большое количество видов опыляется птицами (колибри) и летучими мышами, а иногда даже нелетающими животными, такими как хоботноголовый кускус – обитающий в Австралии представитель отряда сумчатых.

Велика роль бактерий-симбионтов, обитающих в желудочно-кишечном тракте растительноядных животных. От деятельности этих микроорганизмов, которых в желудке жвачных может находиться колоссальное количество, полностью зависит переваривание целлюлозы. Достаточно часто симбиоз встречается среди насекомых, например муравьи защищают тлей от хищников и поедают их сладкие выделения.

Рис. 74. Симбиоз актинии и рака-отшельника

Все разнообразные формы биологических взаимоотношений между видами служат регуляторами численности организмов, обеспечивая устойчивое состояние экосистем.

Вопросы для повторения и задания

1. Назовите известные вам виды взаимоотношений организмов в природе.
2. Приведите примеры симбиоза и отметьте положительные стороны такого типа взаимодействия для обоих партнёров.
3. Расскажите о хищничестве в животном и растительном мире и дайте определение этого явления.
4. Что такое паразитизм? Что вы можете сказать о разных формах паразитизма? Приведите примеры.
5. По каким критериям можно отличить хищничество от паразитизма?
6. Как сказывается конкуренция на интенсивности жизнедеятельности соперничающих видов?

Подумайте! Выполните!

1. Объясните причины появления хищничества в царстве растений.
2. Как вы считаете, в растительном или животном царстве чаще встречаются симбиотические взаимоотношения?

3. Обсудите в классе, стоит ли стремиться полностью уничтожить всех паразитов человека. Выскажите свою точку зрения по этому вопросу.

Работа с компьютером

Обратитесь к электронному приложению. Изучите материал и выполните задания.

Узнайте больше

В экологии биотические взаимодействия обозначают следующим образом: «0» – безразличные, «+» – полезные, «−» – вредные. Используя эти обозначения, можно дифференцировать множество различных типов взаимодействия. Познакомьтесь с материалом таблицы, в которой представлено максимальное разнообразие экологических взаимодействий.

Таблица. Основные типы экологических взаимодействий

Типы взаимодействия		*Виды*		*Характер взаимодействия*
		1	2	
Нейтральные	Нейтрализм	0	0	Популяции видов напрямую не влияют друг на друга
Взаимовредные	Конкуренция	–	–	Виды или организмы соревнуются за одни и те же ресурсы среды
Вредно-нейтральные	Аменсализм	–	0	Один вид угнетает другой, при этом не получая ни вреда, ни пользы
Полезновредные	Паразитизм	+	–	Один вид паразитирует на другом, ослабляя его
	Хищничество	+	–	Представители одного вида умерщвляют и поедают представителей другого
Полезно-нейтральные	Комменсализм	+	0	Один вид использует другой вид без нанесения ему ущерба
Взаимополезные	Протокооперация	+	+	Совместное существование выгодно для обоих видов, но не обязательно
	Мутуализм	+	+	Взаимовыгодное устойчивое сожительство организмов двух видов
	Собственно симбиоз	+	+	Неразделимые взаимополезные связи двух видов, предполагающие обязательное тесное сожительство организмов

Обратите внимание, что в приведённой таблице симбиотические отношения (+ +) подразделяют более детально на три типа взаимодействий (протокооперация, мутуализм и собственно симбиоз) в зависимости от степени обязательности этих отношений.

24. Структура экосистем

Вспомните!
Какие уровни организации живой природы вам известны?
Что такое экосистема?

Влияние абиотических факторов на живые организмы и взаимодействия между отдельными видами лежат в основе жизни любого сообщества. *Сообщество,* или *биоценоз,* – это совокупность сосуществующих популяций разных видов. Вместе с факторами неживой природы (абиотическими факторами) сообщество образует *экосистему.*

Экосистема – это очень широкое понятие. Дождевой тропический лес и болото, гниющий пень и муравейник, лужа посреди просёлочной дороги и одиноко стоящее дерево с его обитателями – это разные природные экосистемы. Существуют экосистемы искусственного происхождения, например сельскохозяйственные угодья, аквариум, ферма. Экосистему, границы которой определены растительным сообществом, например дубрава, луг, ельник, берёзовая роща, называют *биогеоценозом.* Вся совокупность биогеоценозов земного шара образует глобальную экосистему, или *биосферу.*

Любая экосистема имеет пространственную, видовую и экологическую структуры.

Пространственная структура экосистемы. Пространственная структура большинства биогеоценозов и, следовательно, экосистем определяется ярусным расположением растительности (рис. 75). Например, в типичном листопадном лесу можно выделить пологовый (древесный), кустарниковый, травяной и надпочвенный (приземный) ярусы. Углубляясь в почву, можно тоже обнаружить определённые «этажи», которые образованы корнями определённых растений и где обитают разные виды подземных животных. Подобная пространственная организация экосистемы позволяет растениям эффективно использовать солнечный свет и ресурсы почвы, а многочисленным животным и микроорганизмам сосуществовать вместе, занимая разнообразные экологические ниши.

Рис. 75. Пример ярусности экосистемы. Ярусная структура лиственного леса

В составе любой экосистемы можно выделить два основных структурных компонента: комплекс факторов неживой природы, так называемое абиотическое окружение, или *биотоп,* и совокупность всех живых организмов – *биоценоз.* В свою очередь, биоценоз можно подразделить на *зооценоз* (сообщество животных), *фитоценоз* (сообщество растений), *микробоценоз* (сообщество микроорганизмов). Биотоп – это тоже неоднородная система, он состоит из разнообразных абиотических факторов, которые в сумме формируют определённые климатические, географические, почвенные и другие параметры экосистемы.

Видовая структура экосистемы. Биоценоз любой экосистемы характеризуется определённым *видовым разнообразием,* т. е. числом видов, которые его образуют, и количественным соотношением особей этих видов. Видовое разнообразие обеспечивает стабильность экосистем. Высокая численность популяций, входящих в состав экосистемы, свидетельствует о том, что данные виды оптимально приспособлены к конкретным условиям и важны для стабильного существования этой экосистемы. Обычно общую численность особей в популяциях подсчитать достаточно сложно, поэтому при характеристике экосистем используют понятие *«плотность популяции»* (§ 6).

Экологическая структура экосистемы. Несмотря на громадное разнообразие экосистем, все они имеют примерно одинаковую экологическую структуру. Экологическая структура – это соотношение групп видов, занимающих определённые экологические ниши и выполняющих определённые функции в сообществе. Наличие этих групп является обязательным условием стабильного существования любой экосистемы, потому что

благодаря их взаимодействию обеспечивается главное свойство экосистем – *способность к самоподдержанию.* Эти обязательные компоненты любой экосистемы – продуценты, консументы и редуценты.

Продуценты, или ***производители,*** – это автотрофы, которые в процессе жизнедеятельности синтезируют из неорганических веществ органические соединения, используя в качестве источника углерода углекислый газ. Биомассу, образованную в экосистеме автотрофными организмами, называют *первичной продукцией.* Она служит пищей и источником энергии для остальных организмов сообщества.

Основными продуцентами являются зелёные растения, хотя свой вклад в образование первичной продукции экосистемы вносят также фотосинтезирующие и хемосинтезирующие бактерии. Для каждой крупной экосистемы или для любого биогеоценоза характерны свои специфические растения, осуществляющие фотосинтез, т. е. свои продуценты.

Консументы, или ***потребители,*** – это гетеротрофные организмы, которые используют синтезированную продуцентами биомассу для собственной жизнедеятельности. Съедая и перерабатывая растения, консументы получают энергию и образуют *вторичную продукцию* экосистемы.

Консументами являются самые разные живые организмы – от микроскопических бактерий до крупных млекопитающих, от простейших до человека. С точки зрения структуры экосистемы и той роли, которую играют разные консументы в поддержании её равновесного состояния, всех консументов можно подразделить на несколько подгрупп, что мы и сделаем несколько позже, когда будем разбирать пищевые связи экосистем.

Редуценты, или ***разлагатели,*** перерабатывают мёртвое органическое вещество (*детрит*) до минеральных соединений, которые снова могут быть использованы продуцентами. Многие организмы, такие как, например, дождевые черви, многоножки, термиты, муравьи и др., питаются растительными и животными остатками, а часть древесины гниёт и разлагается в процессе жизнедеятельности грибов и бактерий. Когда грибы и другие редуценты отмирают, они сами превращаются в детрит и служат пищей и источником энергии другим редуцентам.

Таким образом, несмотря на многообразие экосистем, все они обладают *структурным сходством.* В каждой способной к самостоятельному существованию экосистеме есть свои продуценты, различные виды консументов и редуцентов (рис. 76).

Экосистема дубравы. Рассмотрим в качестве примера дубраву – очень устойчивую наземную экосистему (рис. 77).

Дубрава является типичным широколиственным лесом ярусной структуры, в котором совместно существуют многие сотни видов растений и несколько тысяч видов животных, микроорганизмов и грибов.

Верхний древесный ярус образуют крупные (до 20 м) многолетние дубы и липы. Эти светолюбивые растения, растущие достаточно свободно, создают благоприятные условия для формирования второго древесного яруса, представленного низкорослыми и менее светолюбивыми грушей, клёном, яблоней.

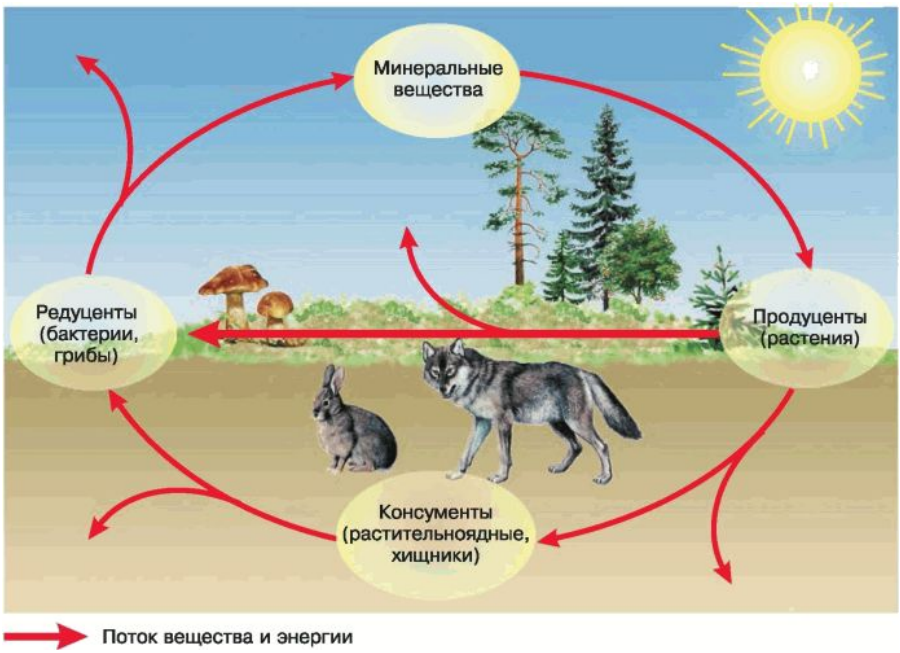


Рис. 76. Необходимые компоненты экосистемы

Под пологом двух ярусов формируется кустарниковая растительность. Лещина, бересклет, калина, боярышник, терновник, бузина, крушина – это далеко не полный перечень растений, которые образуют третий ярус до высоты 2–4 м.

Следующий, травянистый ярус составляют многочисленные кустарнички и полукустарнички, папоротники, всходы деревьев и разнообразные травы. Причём в течение года в дубраве происходит смена травянистого покрова. Весной, когда листвы на деревьях ещё нет и поверхность почвы ярко освещена, расцветают светолюбивые первоцветы: медуница, хохлатка, ветреница. Летом им на смену приходят теневыносливые растения.

В приземном ярусе, высота которого всего несколько сантиметров от поверхности почвы, растут лишайники, мхи, грибы, низкие травы.

Сотни видов растений (*продуцентов*), используя энергию солнца, создают зелёную биомассу дубравы. Дубравы очень продуктивны: в течение года на площади в 1 га они создают до 10 т прироста растительной массы.

Мёртвые корни и опавшие листья образуют подстилку, в которой обитают многочисленные *редуценты:* дождевые черви, личинки мух и бабочек, жуки-навозники и мертвоеды, мокрицы и многоножки, ногохвостки, клещи, нематоды. Питаясь, эти организмы не только преобразуют детрит, но и формируют почвенную структуру. Деятельность таких землероев, как кроты, мыши и некоторые крупные беспозвоночные, не даёт почве слёживаться. В каплях воды между частичками почвы обитают многочисленные почвенные простейшие, а грибы образуют симбиоз с корнями растений и участвуют в разложении детрита.

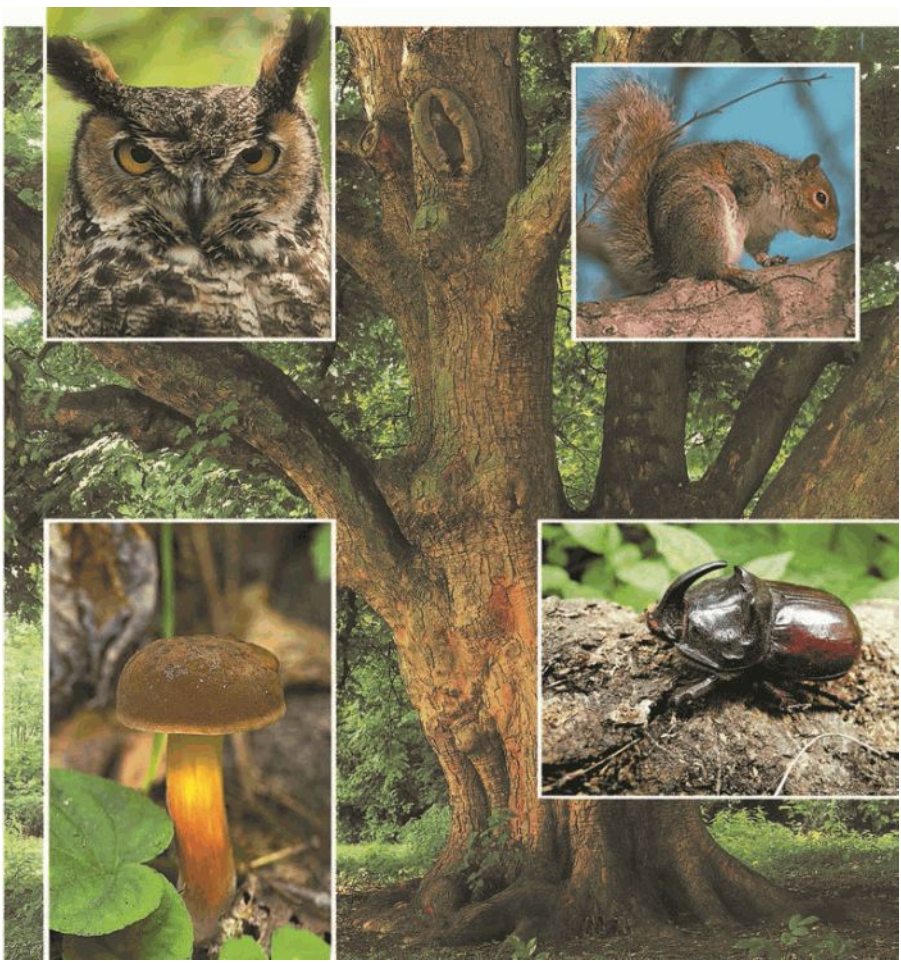


Рис. 77. Экосистема дубравы

Несмотря на то что ежегодно на 1 га поверхности почвы в дубраве поступает 3–4 т отмерших растений, почти вся эта масса разрушается в результате деятельности редуцентов. Особая роль в этой переработке принадлежит дождевым червям, которых в дубравах насчитывается огромное количество: несколько сот особей на 1 м^2.

Разнообразен животный мир верхних ярусов дубравы. В кронах деревьев гнездятся десятки видов птиц. Вьют гнёзда сорока и галка, певчий дрозд и зяблик, большая синица и лазоревка. В дуплах выводят птенцов филин и обыкновенная неясыть. Чеглок и перепелятник наводят страх на мелких певчих птиц. В кустарниках обитают зарянка и чёрный дрозд, мухоловка-пеструшка и поползень. Ещё ниже находятся гнёзда славки и крапивника. По всем ярусам перемещается в поисках пищи серая белка. Бабочки, пчёлы, осы, мухи, комары, жуки – более 1600 видов насекомых тесно связаны с дубом! В травяном ярусе делят место под солнцем кузнечики и жуки, пауки и сенокосцы, мыши, землеройки и ежи. Самыми крупными *консументами* этой экосистемы являются косули, лани и кабаны.

Устойчивость этой и любой другой экосистемы обеспечивает сложная система взаимоотношений всех организмов, входящих в её состав.

Вопросы для повторения и задания

1. Что такое биогеоценоз?
2. Расскажите о пространственной структуре экосистемы.
3. Какие обязательные компоненты включает любая экосистема?
4. В каких отношениях находятся друг с другом обитатели биоценозов? Охарактеризуйте эти связи.
5. Опишите видовой состав и пространственную структуру экосистемы дубравы.

Подумайте! Выполните!

1. Назовите общие черты биогеоценозов лиственного леса и пресноводного водоёма.
2. Возможно ли существование биоценоза, состоящего только из растений? Обоснуйте свою точку зрения.
3. Выполните исследование на тему «Моё жильё как пример экосистемы».
4. Разработайте экскурсионный маршрут, позволяющий продемонстрировать видовую, пространственную и экологическую структуры типичной

экосистемы вашего региона (групповой проект).

Работа с компьютером

Обратитесь к электронному приложению. Изучите материал и выполните задания.

25. Пищевые связи. Круговорот веществ и энергии в экосистемах

Вспомните!

Какие обязательные компоненты входят в состав любой экосистемы?

Живые организмы находятся в постоянном взаимодействии друг с другом и с факторами внешней среды, формируя устойчивую саморегулирующуюся и самоподдерживающуюся экосистему. Особенности видового состава этой системы определяются историческими и климатическими условиями, а взаимоотношения организмов друг с другом и с окружающей средой строятся на основе *пищевого поведения.*

В рассмотренной нами экосистеме дубравы олени едят травянистые растения и листья кустарников, белки не прочь полакомиться желудями и грибами, ёж съедает дождевого червя, а филин на ночной охоте ловит мышей и полёвок. Многочисленные насекомые, желуди дуба, плоды дикой яблони и груши, семена и ягоды – прекрасный корм птицам. Мёртвые органические остатки падают на землю. На них развиваются бактерии, которых потребляют простейшие, служащие, в свою очередь, кормом многочисленным мелким почвенным беспозвоночным. Все виды организмов связаны друг с другом сложной системой *пищевых взаимоотношений.*

При изучении структуры любой экосистемы становится очевидным, что её устойчивость зависит от многообразия *пищевых связей,* существующих между разными видами этого сообщества. Причём, чем больше видовое многообразие, тем устойчивее структура. Представьте себе систему, в которой хищник и жертва представлены только одиночными видами, допустим «лиса – заяц». Исчезновение зайцев неизбежно приведёт к гибели хищников, и экосистема, потеряв два своих компонента, начнёт разрушаться. Если же в качестве пищи в данной экосистеме лиса может использовать и грызунов, и лягушек, и мелких птиц, то пропажа одного источника пищи не приведёт к разрушению всей структуры, а освободившуюся экологическую нишу вскоре займут другие организмы со сходными требованиями к среде.

В экосистеме происходит постоянный перенос вещества и энергии, заключённой в пище, от одних организмов к другим. Растения (продуценты), используя солнечную энергию, образуют

сложные органические соединения. Эти вещества употребляют гетеротрофы (консументы), продукты жизнедеятельности которых, возвращаясь в окружающую среду, вновь используются автотрофными организмами. В экосистеме существует постоянный круговорот вещества и энергии, который поддерживается энергией солнца. Каждый организм, участвующий в этом процессе, находится на определённом трофическом, или пищевом, уровне, образуя *трофическое (пищевое) звено.* В результате соединения нескольких трофических звеньев образуется *пищевая цепь,* в которой каждое предыдущее звено служит пищей последующему. Если проследить структуру отдельных пищевых цепей, то можно обнаружить, что цепи очень редко изолированы друг от друга. Обычно одно и то же растение служит пищей нескольким животным, которые, в свою очередь, могут быть съедены разными хищниками. Таким образом, все пищевые цепи связаны между собой в единую *пищевую сеть.*

Первый трофический уровень экосистемы образуют автотрофные организмы, в основном зелёные растения.

Второй трофический уровень – это растительноядные животные и паразитические растения.

Третий уровень – это плотоядные животные, которые питаются травоядными, так называемые хищники первого порядка – мелкие млекопитающие, насекомоядные птицы, амфибии и рептилии. К этому же уровню относят паразитов этих животных.

Четвёртый уровень образуют более крупные плотоядные животные – хищники второго порядка и их паразиты.

Пятый уровень формируют редуценты, которые потребляют мёртвое органическое вещество.

Как правило, в экосистеме существует от трёх до пяти трофических уровней. Пищевую цепь, которая начинается от растений, называют *пастбищной пищевой цепью:* например, осина → заяц → волк. Если цепь питания начинается с детрита (мёртвой органики), её называют *детритной цепью:* листовой опад → дождевой червь → певчий дрозд → ястреб-перепелятник (рис. 78).

Обычно размеры хищников с переходом на следующий трофический уровень возрастают, а их численность снижается. Если мы попробуем оценить общее количество биомассы на каждом трофическом уровне, то заметим определённую закономерность. В большинстве наземных экосистем с повышением трофического уровня количество биомассы будет неуклонно снижаться (рис. 79). Подобная закономерность носит название *экологической пирамиды* и связана с тем, что на каждом

трофическом уровне организмы способны использовать лишь 5–15 % энергии поступившей биомассы для построения своего тела. Остальная энергия расходуется или на движение, рассеивается в виде тепла или просто не усваивается. Именно поэтому число трофических уровней в экосистеме ограничено и редко бывает более пяти-шести.

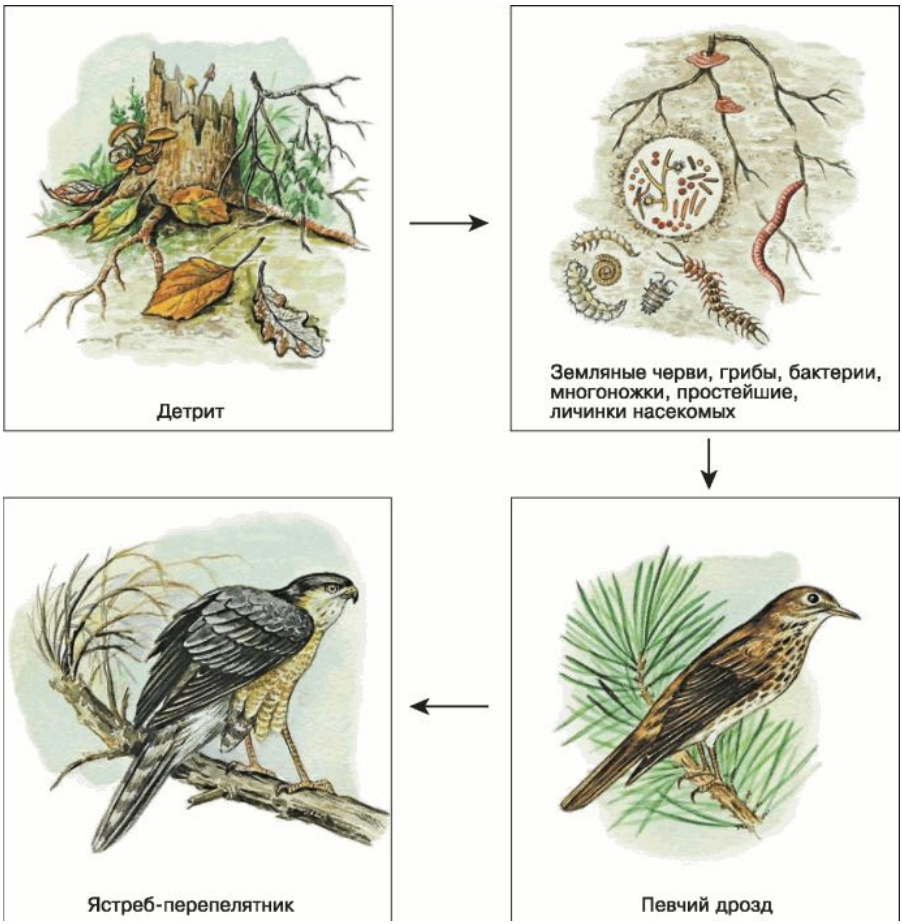


Рис. 78. Пример пищевых связей. Детритная цепь

Основание пирамиды образуют продуценты (растения). Над ними располагаются растительноядные животные. Следующий уровень образуют хищники первого порядка. Вершину пирамиды занимают наиболее крупные плотоядные животные. Причём число уровней в пирамиде соответствует числу звеньев в пищевой цепи. Различают пирамиду численности (особей), пирамиду биомассы и пирамиду энергии.

Наличие сложных пищевых взаимоотношений обеспечивает устойчивость экосистем. Если изменится среда обитания

продуцентов, через пищевую сеть это неизбежно отразится на всех остальных организмах экосистемы. Нельзя нарушить какой-либо из экологических факторов, не затронув в той или иной степени существование всех видов, составляющих экосистему. Следовательно, изменение любого абиотического или биотического фактора неизбежно повлечёт за собой изменение всей экосистемы.

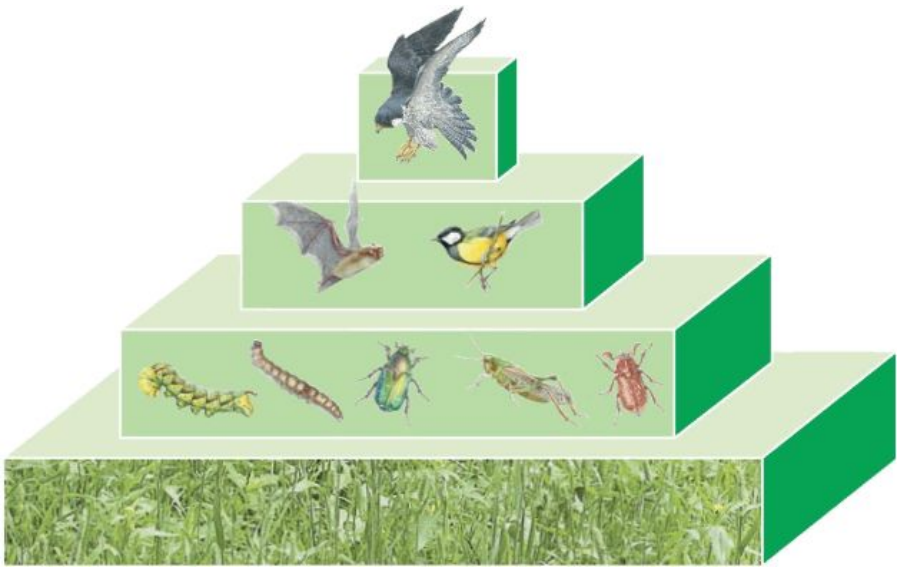


Рис. 79. Пример экологической пирамиды биомассы

Вопросы для повторения и задания

1. Что такое пищевая цепь (цепь питания) и что лежит в её основе?
2. Чем определяется устойчивость экосистемы?
3. Составьте пищевую цепь, начинающуюся от растений.
4. Приведите примеры детритных пищевых цепей.
5. Объясните, что такое экологическая пирамида.

Подумайте! Выполните!

1. Почему конкурентные взаимоотношения существуют на одном трофическом уровне? Докажите свою точку зрения.
2. Создайте экологическую тропу для проведения учебных занятий (групповой проект).

Работа с компьютером

Обратитесь к электронному приложению. Изучите материал и выполните задания.

26. Причины устойчивости и смены экосистем

Вспомните!

Какими взаимоотношениями связаны все организмы, входящие в состав одной экосистемы?

Какая энергия поддерживает постоянный круговорот веществ в экосистеме?

Причины устойчивости экосистем. Каждая экосистема – это динамическая структура, состоящая из сотен и даже тысяч видов продуцентов, консументов и редуцентов, связанных друг с другом сложной сетью пищевых и непищевых взаимоотношений. Устойчивость экосистемы зависит от её видового многообразия и сложности цепей питания. Чем сложнее и разветвлённее цепи, тем стабильнее существование экосистемы. Экологические возможности разных видов так дополняют и компенсируют друг друга, что в случае незначительных изменений условий окружающей среды сложная система сохраняет свою целостность.

Каждый вид в составе экосистемы представлен популяцией, поэтому стабильное существование экосистемы определяется стабильным существованием входящих в неё популяций. Изменение внешних условий воздействует на некоторые виды неблагоприятно, их численность уменьшается, и они могут вовсе исчезнуть из экосистемы. Такое направленное увеличение или уменьшение численности особей какой-либо популяции может привести к изменению экосистемы в целом. Например, при резком увеличении численности копытных в степной зоне может произойти полное уничтожение растительности. Нарушение травяного покрова вызовет ветровую эрозию почвы, и верхний плодородный слой может быть полностью уничтожен. Количество копытных в отсутствие основного корма снизится, но это не приведёт к автоматическому восстановлению растительности в экосистеме.

Абсолютно неизменной и статичной может быть только неживая система. Даже в самых стабильных экосистемах в зависимости от сезона, времени суток, погодных влияний происходят определённые изменения. Если эти изменения отражают некие циклические процессы во внешней среде, они не приводят к направленному преобразованию экосистемы. Все показатели такой экосистемы колеблются около некой средней величины, т. е. поддерживается *динамическое равновесие.*

Равновесное состояние экосистемы означает, что то количество продукции, которое синтезируют зелёные растения и другие продуценты, в энергетическом отношении соответствует потребностям экосистемы. В этом случае биомасса экосистемы остаётся постоянной, а положение экосистемы равновесным. Если затраты в экосистеме снизятся, она не сможет перерабатывать всю продукцию, и органическое вещество начнёт накапливаться, если энергозатраты повысятся – исчезать. В обоих случаях равновесие нарушится, что вызовет изменение сообщества. Эти изменения могут затронуть видовое разнообразие, структуру пищевых цепей, продуктивность и другие показатели системы, что в конце концов приведёт к смене экосистем.

Смена экосистем. Этот процесс заключается в том, что в определённом районе в строго определённой последовательности происходит закономерная смена популяций различных видов. Как правило, это очень длительный процесс, однако иногда изменения в экосистеме можно проследить на протяжении жизни нескольких поколений. Примером таких быстрых изменений может служить зарастание небольшого озера (рис. 80).

Сначала по периметру озера образуется сплавина – сплошной ковёр плавающих растений, которые, погибая, опускаются на дно водоёма. В придонных слоях в условиях нехватки кислорода редуценты не успевают перерабатывать все отмирающие части растений и животные остатки. В результате образуются торфяные отложения, озеро постепенно мелеет и превращается в болото. В дальнейшем болото зарастает с краёв, превращаясь в луг, а позднее в лес. Таким образом, полностью меняется видовой состав и растительной, и животной части экосистемы. На месте бывшего озера формируется экосистема леса.

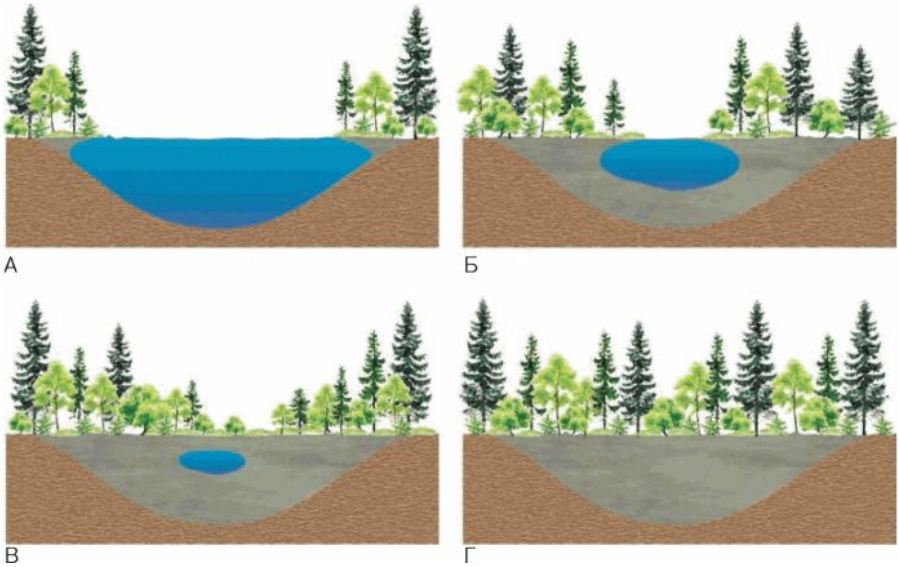


Рис. 80. Смена сообществ при зарастании водоёма. Растительность продвигается от берегов к центру водной поверхности (А). Этот процесс продолжается, и озеро постепенно заполняется торфом (Б, В). После того как озеро полностью заполнится торфом, на его месте вырастает лес (Г)

Экосистемы всегда стремятся к сохранению равновесия, поэтому при смене экосистем каждая последующая стадия развития длительнее и устойчивее предыдущих.

В природе смены экосистем происходят постоянно и характеризуются определёнными закономерностями: увеличивается видовое разнообразие, нарастает общая биомасса, усложняются цепи питания. Всё это постепенно приводит к формированию стабильных сообществ.

Конечный этап развития экосистем зависит от климатических, почвенных, водных и топографических условий. В одних районах земного шара наиболее устойчивым сообществом будет лес, в других – степь, а в третьих – тундра. С течением времени условия на земном шаре постепенно изменяются в том или ином направлении, и то сообщество, которое было стабильным в определённый период исторического развития, спустя тысячи лет уступит место иному стабильному сообществу, чья структура соответствует изменившимся условиям. Так, более 10 тыс. лет назад в эпоху последнего оледенения на месте нынешних широколиственных листопадных лесов находилась тундра.

Если не считать землетрясений, оползней, извержений вулканов и других природных катастроф, естественные смены

экосистем происходят постепенно. Однако вмешательство человека часто вызывает резкие и глобальные изменения, приводящие к нарушениям или гибели экосистем.

Вопросы для повторения и задания

1. Какое значение для устойчивости экосистемы имеет её видовое разнообразие?
2. Что такое равновесное состояние экосистемы?
3. Приведите примеры быстрой смены экосистем.
4. От чего зависит конечный этап развития экосистемы?

Подумайте! Выполните!

1. Какие экосистемы наиболее устойчивы в вашей местности? Объясните, чем это обусловлено.
2. Объясните, к чему приводит необоснованная и случайная акклиматизация новых видов. Приведите примеры, которые вам известны из курсов ботаники и зоологии.
3. Проведите исследование. Изучите видовой состав растений и животных одного из наиболее распространённых в вашей местности типов биогеоценозов. Используйте для этой работы атласы-определители. Создайте карту биогеоценоза, нанесите на неё ареалы распространения основных видов. Есть ли в этом биоценозе виды, внесённые в Красную книгу? Оцените индексы видового разнообразия.

Работа с компьютером

Обратитесь к электронному приложению. Изучите материал и выполните задания.

Узнайте больше

Сукцессия. Изучая развитие и смены экосистем, экологи используют понятие «сукцессия». *Сукцессия* – это закономерный направленный процесс изменения сообществ в результате взаимодействия живых организмов между собой и с окружающей их абиотической средой. Различают два вида экологических сукцессий: *первичные сукцессии* происходят на субстрате, изначально не содержащем органического вещества, например на голой скале, застывшем лавовом потоке; *вторичные* – идут на субстратах, с которых были удалены ранее существовавшие на них сообщества, например зарастание брошенного поля.

27. Влияние человека на экосистемы

Вспомните!

Приведите примеры негативного и позитивного влияния человека на окружающую среду.

Что такое агроценозы?

Экологические нарушения. *Внезапные изменения в естественных экосистемах, которые вызывают резкое увеличение численности популяции одних видов и гибель других, называют* ***экологическим нарушением.*** Как правило, подобные явления происходят при необдуманных действиях человека.

Сброс сточных вод, богатых органическими веществами или минеральными соединениями в естественные водоёмы, вызывает бурный рост некоторых водорослей, что приводит к быстрому зарастанию этих водоёмов. В результате осушения болот снижается уровень грунтовых вод, что приводит к гибели экосистемы, чей водный баланс оказывается нарушенным. Широкомасштабное распахивание степей приводит к полному уничтожению плодородного слоя в результате ветровой эрозии и к гибели уникальных степных сообществ.

В природе на протяжении тысячелетий в процессе совместной эволюции устанавливается равновесие между конкурирующими видами. Привезённые человеком виды, которые занимали аналогичные экологические ниши в других экосистемах, могут не вписаться в сформировавшуюся систему связей. Известно много случаев, когда попытки человека внести новый вид и включить его в уже существующую экосистему, оканчивались трагедией. Вид-пришелец не встречал конкуренции со стороны местных видов или в новых для него условиях не оказывалось достаточно врагов для поддержания его численности на определённом уровне. В результате пришельцы вытесняли местные (аборигенные виды).

Мощная лиана пуэрария, привезённая в США для борьбы с эрозией почвы, победила в борьбе за существование местные виды и разрослась так, что опутала все окрестные леса. В 1884 г. во Флориду из Южной Америки был завезён в качестве декоративного растения водный гиацинт, который, попав в местные водоёмы и не встретив там естественных врагов, разросся так, что затруднил судоходство во многих реках и озёрах штата.

Классическим примером необдуманных действий человечества, которые привели к глобальным нарушениям

естественных экосистем, служит завоз кроликов в Австралию. В 1859 г. из Англии на Австралийский континент для спортивной охоты завезли кроликов. Природные условия для них оказались весьма благоприятными, а местные хищники – дикие собаки динго – бегали недостаточно быстро, чтобы поймать шустрых пришельцев. В результате спустя несколько лет кролики расплодились настолько, что уничтожили растительность местных пастбищ. Для уничтожения кроликов в Австралию были завезены лисы, которые не оправдали возлагаемых на них надежд. Они нашли гораздо более легкую добычу – местных сумчатых. В результате с кроликами удалось справиться только спустя долгое время, обнаружив паразита, который вызывал их гибель.

Агроценозы. В результате хозяйственной деятельности человек создаёт *искусственные экосистемы – агроценозы:* пастбища, поля, парки, сады (рис. 81). Растёт количество искусственных экологических систем и в промышленности: комплексы биологической очистки сточных вод, биотехнологические производства.

В отличие от природных экосистем, которые являются самоподдерживающимися и саморегулирующимися, искусственные экосистемы регулируются человеком. Рассмотрим особенности существования агроценозов.

В природных экосистемах существует богатое видовое разнообразие, которое формируется в течение длительного времени. В агроценозах (садах, теплицах, полях) растения представлены, как правило, одним видом, а точнее, тем сортом сельскохозяйственной культуры, которая посажена человеком. Если структура природных сообществ формируется в результате действия естественного отбора, то в агроценозах отбор осуществляет человек, уничтожая все остальные ненужные ему виды (сорняки, насекомых-вредителей и др.).

Рис. 81. Агроценоз

В естественных экосистемах постоянный круговорот веществ и энергии позволяет сохранять баланс процессов синтеза и распада веществ, что обеспечивает системе устойчивость. В процессе существования агроценоза человек изымает из него часть продукции (собирает урожай), поэтому равновесие в этой искусственной системе может быть достигнуто только в том случае, если происходит компенсация изъятых из агроценоза энергии и вещества. Внесение минеральных и органических удобрений, вспашка, полив, прополка, борьба с вредителями – это обязательные действия, без которых агроценоз как система, неспособная к самостоятельному существованию, очень быстро погибнет. Хорошо известно, как быстро зарастают поля и пашни, снижают урожайность и вкусовые качества плодов заброшенные сады, парки превращаются в непроходимые заросли.

Современное мировое земледелие, основанное на использовании очень малого числа видов, чрезвычайно нестабильно. Необходимо увеличивать разнообразие сельскохозяйственных культур, применять методы биологической борьбы с вредителями и сорняками. Для рационального использования природных ресурсов необходимо детально знать особенности биологии и экологии всех компонентов используемых экосистем.

Вопросы для повторения и задания

1. Сформулируйте, что такое экологическое нарушение. Приведите примеры подобных явлений.
2. Чем отличаются агроценозы от естественных экосистем? Назовите известные вам агроценозы.
3. Как, по вашему мнению, можно сократить потери

энергии в цепях питания в искусственном сообществе организмов – агроценозе?

4. Какая экосистема – естественная или искусственная – характеризуется большим видовым разнообразием?

Подумайте! Выполните!

1. Оцените основные экологические нарушения в вашем регионе. Информацию по результатам оценки представьте на сайте школы или в виде статьи предложите для публикации в местную газету.

2. Какие искусственные экосистемы в сельском хозяйстве и в промышленности существуют в вашем регионе? Примите участие в экскурсии на одно из таких предприятий. Подготовьте общий отчёт по итогам экскурсии (групповой проект).

3. Один из передовых методов современной агрономии – выращивание сортосмесей или посев разных видов на одном поле. Объясните, что это даёт с экологической точки зрения.

4. Современные экологи считают, что мелкомасштабные смены сообществ поддерживают стабильность более крупных экосистем. Можете ли вы подтвердить или опровергнуть эту точку зрения?

Работа с компьютером

Обратитесь к электронному приложению. Изучите материал и выполните задания.

28. Биосфера – глобальная экосистема

Вспомните!

Какие уровни организации живой природы вам известны?

Что такое биосфера?

Каковы её границы?

Многочисленные экосистемы нашей планеты не изолированы друг от друга. Даже между очень разными сообществами происходит постоянный обмен живыми организмами, органическими и неорганическими веществами. Одни и те же виды растений, животных, грибов и микроорганизмов можно встретить в разных экосистемах, а некоторые виды, например перелётные птицы, в зависимости от сезона мигрируют между ними. Процессы, происходящие в одной экосистеме, неизбежно затрагивают события в другой экосистеме. Частицы почвы смываются с поверхности суши и попадают в водоёмы; головастик, живущий в пруду, превращается в лягушку, которая становится добычей лесного ежа; бурый медведь во время нереста лосося полностью переходит на рыбную диету и большую часть времени проводит среди бурных речных потоков.

Все экосистемы взаимосвязаны и взаимозависимы. Постоянный обмен веществом и энергией, происходящий между ними, позволяет нам рассматривать все живые организмы Земли и среду их обитания как единую глобальную экосистему – биосферу.

Первые представления о биосфере как «области жизни» принадлежат ещё Ж. Б. Ламарку. Термин «биосфера» в 1875 г. предложил австрийский учёный Эдуард Зюсс. Он определял биосферу как тонкую плёнку жизни на земной поверхности, которая в значительной степени определяет облик всей планеты. Однако широкое распространение этот термин получил в первой трети XX в., когда российский академик В. И. Вернадский создал *учение о биосфере.* Он распространил понятие биосферы не только на живые организмы, но и на среду их обитания, с которой они составляют неразрывное единство. Вернадский впервые указал на роль живой природы в преобразовании планеты.

Состав биосферы. ***Биосфера*** *– это особая оболочка Земли, состав, структура и энергетика которой определяются совокупной деятельностью всех живых организмов.*

Биосфера Земли состоит из нескольких взаимосвязанных типов вещества:

– *живое вещество* – совокупность всех живых организмов

(животных, растений, грибов, микроорганизмов);

– *биогенное вещество* – органоминеральные продукты, созданные в результате жизнедеятельности организмов (нефть, каменный уголь, газ, торф, известняки и др.);

– *косное вещество* – вещество, которое образуется без участия живых организмов (горные породы, сформированные в результате извержения вулканов);

– *биокосное вещество* – создаётся одновременно живыми организмами и процессами неорганической природы (почва, ил).

Границы биосферы. Границы распространения живого на планете определяются абиотическими факторами (рис. 82). Отсутствие кислорода, высокая или низкая температура, высокое давление и многие другие условия делают невозможным существование жизни.

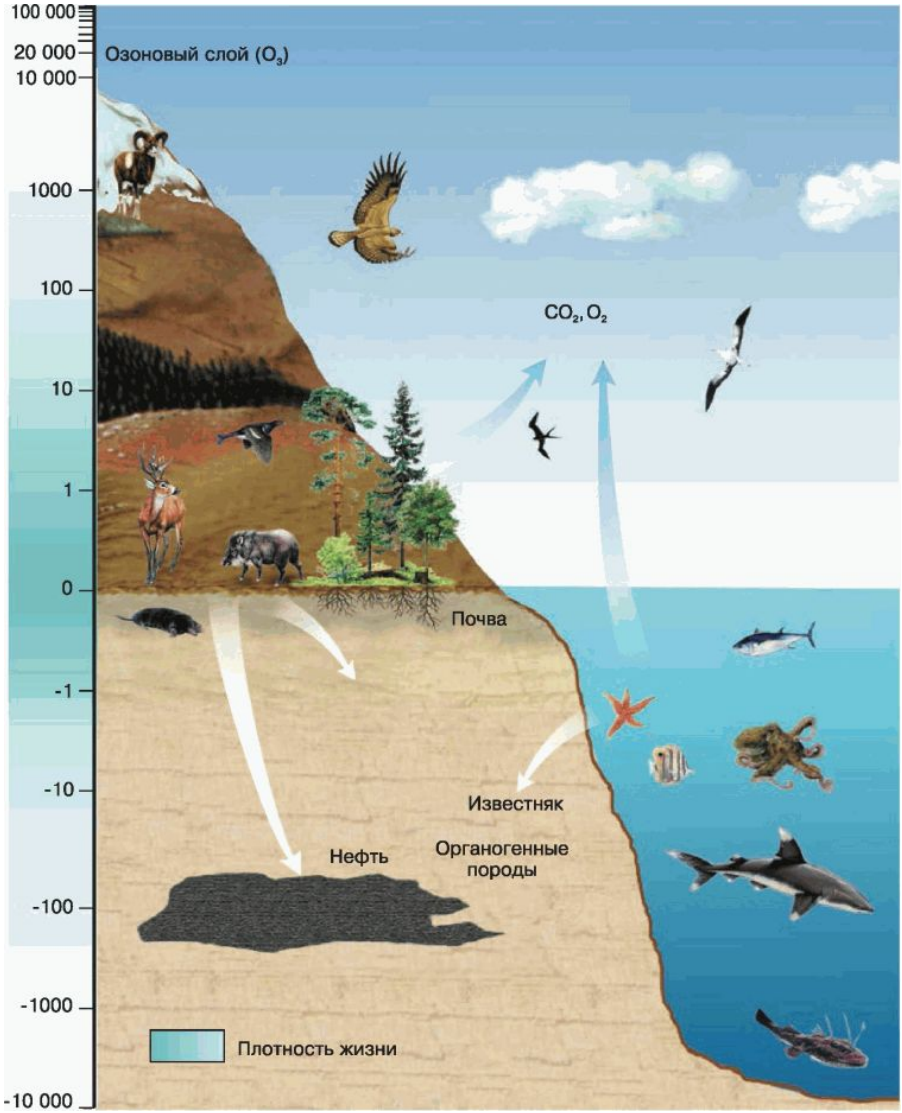


Рис. 82. Границы биосферы

Верхняя граница биосферы проходит на высоте около 20 км от поверхности Земли и определяется озоновым слоем, который задерживает ультрафиолетовое излучение. На высоте 16–20 км в *атмосфере* встречаются споры, пыльца, бактерии, мельчайшие насекомые, которые поднимаются с поверхности воздушными потоками. В *гидросфере* жизнь существует на всех глубинах, проникая даже, несмотря на чудовищное давление, в 10–11-километровые впадины. В *литосфере* жизнь встречается до глубины 3,5 км на суше (бактерии в нефтяных месторождениях) и на 1–2 км ниже дна океана, хотя результаты жизнедеятельности организмов в виде осадочных пород прослеживаются гораздо

глубже. В основном в литосфере жизнь сосредоточена в верхнем плодородном слое – почве, толщина которой не превышает нескольких метров и которая является биокосным веществом биосферы.

Живое вещество биосферы. В пределах биосферы живое вещество распределено очень неравномерно. В верхних слоях атмосферы, в глубинах океана, в многокилометровой толще литосферы живые организмы встречаются редко. Основная жизнь сосредоточена на поверхности земли, в верхних слоях морей и океанов, в почве.

Биомасса на земном шаре увеличивается от полюсов к экватору, что связано в первую очередь с климатическими факторами. Наиболее продуктивны те экосистемы, которые максимально обеспечены теплом и влагой. Места наибольшей концентрации жизни на планете – это тропические леса, дельты рек в районах с жарким климатом, мелководные зоны морей, коралловые рифы. Здесь наблюдается также и максимальное видовое разнообразие.

В настоящее время общую массу живых организмов оценивают в $2{,}43 \times 10^{12}$ т. Биомасса организмов, обитающих на суше, на 99,2 % представлена растениями, на 0,8 % – животными, грибами и микроорганизмами. В Мировом океане существует обратная закономерность: 93,7 % биомассы приходится на долю животных и 6,3 % – на долю растений и микроорганизмов. В видовом разнообразии биосферы существует интересная закономерность: 96 % видов животных – беспозвоночные, 4 % – позвоночные, из которых лишь десятая часть – млекопитающие, т. е. преобладают формы, стоящие на более низком уровне развития. Ежегодная продукция живого вещества в биосфере составляет более 230 млрд т сухого органического вещества.

Масса живого вещества составляет всего 0,01–0,02 % от косного вещества биосферы, однако в геохимических процессах Земли живые существа играют ведущую роль.

Вопросы для повторения и задания

1. Расскажите о структуре биосферы.
2. Охарактеризуйте оболочки Земли, в которых обитают живые организмы, – атмосферу, гидросферу и литосферу.
3. Чем определяются границы распространения живых организмов в биосфере?
4. Как формируется биокосное вещество биосферы?
5. Охарактеризуйте распределение биомассы на земном шаре.

Подумайте! Выполните!

1. К какому типу веществ биосферы можно отнести янтарь, сброшенные рога оленя, опавшие листья, торф, пыльцу растений, паутину? Объясните свой выбор.

2. Охарактеризуйте организмы, которые обитают вблизи границ биосферы. Как вы считаете, какими свойствами должны обладать такие организмы?

3. Организуйте и проведите исследование почвы вашей местности. Определите её структуру, питательные свойства, кислотность, насыщенность микроорганизмами.

4. Примите участие в дискуссии на тему «Вечна ли биосфера?». Выскажите своё мнение по этому вопросу.

Работа с компьютером

Обратитесь к электронному приложению. Изучите материал и выполните задания.

29. Роль живых организмов в биосфере

Вспомните!
Какое вещество В. И. Вернадский называл живым; косным?
Что называют круговоротом веществ в природе?

Роль живого вещества в биосфере. Основное внимание в учении о биосфере В. И. Вернадский уделял роли живого вещества. Учёный писал: «Живые организмы являются функцией биосферы и теснейшим образом материально и энергетически с ней связаны, являются огромной геологической силой, её определяющей». Благодаря способности к росту, размножению и расселению, в результате обмена веществ и преобразования энергии живые организмы способствуют миграции химических элементов в биосфере. В. И. Вернадский сравнивал массовые миграции животных, например стаи саранчи, по масштабам переноса химических элементов с перемещением целого горного массива.

В живой природе обнаружено около 90 химических элементов, т. е. большая часть всех известных на сегодняшний день. Нет никаких специальных элементов, характерных только для живых организмов, поэтому за всю историю существования биосферы атомы большинства элементов, входящих в её состав, неоднократно прошли через тела живых организмов. Между органическим и неорганическим веществом на планете существует неразрывная связь, совершаются постоянный круговорот веществ и превращение энергии.

Около 2 млрд лет назад благодаря деятельности фотосинтезирующих организмов в атмосфере Земли началось накопление свободного кислорода, затем сформировался озоновый экран, защищающий всё живое от космической и солнечной радиации. На протяжении всей биологической истории Земли деятельность организмов определяла состав атмосферы (фотосинтез, дыхание), состав и структуру почв (деятельность редуцентов), содержание различных веществ в водной среде. Продукты метаболизма одних организмов, попадая в окружающую среду, использовались и перерабатывались другими организмами. Благодаря редуцентам в круговорот веществ включались растительные и животные остатки.

Многие организмы способны избирательно поглощать и накапливать различные химические элементы в виде органических и неорганических соединений. Например, хвощи аккумулируют из окружающей среды кремний, губки и некоторые

водоросли – иод. В результате деятельности разных бактерий образованы многие месторождения серы, железных и марганцевых руд. Из тел ископаемых растений и планктонных организмов сформировались залежи каменного угля и запасы нефти. Скелеты мелких планктонных водорослей и раковинок морских простейших сложились в гигантские толщи известняковых пород (рис. 83).

Особую роль в биосфере играют микроорганизмы. Не будь их, круговорот веществ и энергии не смог бы осуществляться и поверхность планеты была бы покрыта толстым слоем растительных остатков и трупов животных.

Лишайники, грибы и бактерии активно участвуют в разрушении горных пород. Их работу поддерживают растения, чьи корневые системы прорастают в мельчайшие трещины. Завершают этот процесс вода и ветер.

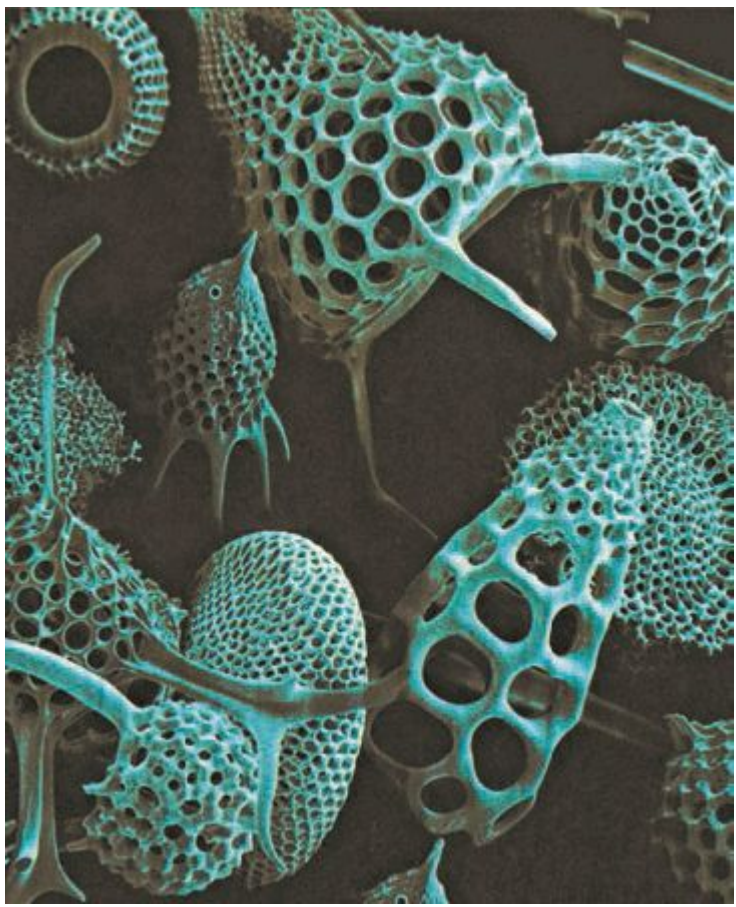


Рис. 83. Раковины одноклеточных организмов под сканирующим электронным микроскопом (увеличено в 2000 раз)

Кроме деятельности живых организмов на состояние нашей планеты влияют и другие процессы. Во время вулканических извержений в атмосферу выбрасывается огромное количество различных газов, частички вулканического пепла, изливаются потоки расплавленных магматических пород. В результате тектонических процессов образуются новые острова, меняют облик горные районы, океан наступает на сушу.

Круговорот воды. Особое значение для существования биосферы имеет круговорот воды (рис. 84). С поверхности океанов испаряется огромная масса воды, которая частично переносится ветрами в виде пара и выпадает в виде осадков над сушей. Обратно в океан вода возвращается через реки и грунтовые воды. Однако важнейшим участником циркуляции воды является живое вещество.

В процессе жизнедеятельности растения поглощают из почвы и испаряют в атмосферу огромное количество воды. Так, участок поля, который за сезон даёт урожай массой в 2 т, потребляет около 200 т воды. В экваториальных районах земного шара леса, задерживая и испаряя воду, значительно смягчают климат. Сокращение площади этих лесов может привести к изменению климата и засухам в прилегающих районах.

Круговорот углерода. Углерод входит в состав всех органических веществ, поэтому его круговорот полностью зависит от жизнедеятельности организмов (рис. 85). В процессе фотосинтеза растения поглощают углекислый газ (CO_2) и включают углерод в состав синтезируемых органических соединений. В процессе дыхания животные, растения и микроорганизмы выделяют углекислый газ, и углерод, ранее входящий в состав органических веществ, вновь возвращается в атмосферу.

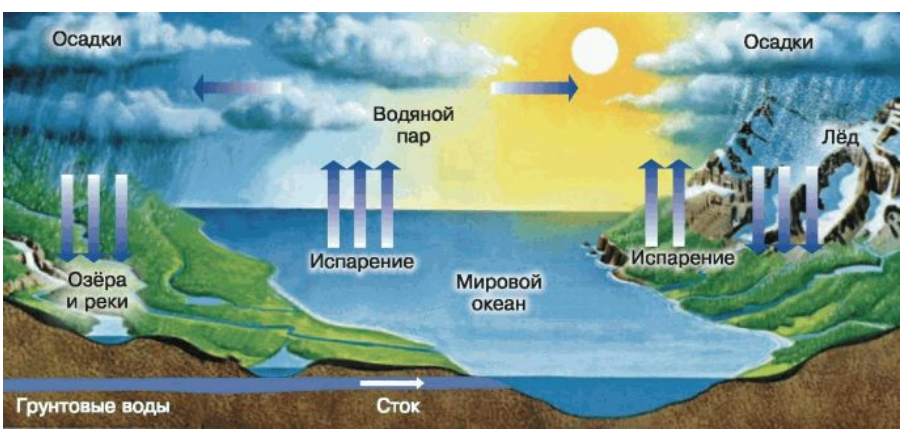


Рис. 84. Круговорот воды в биосфере

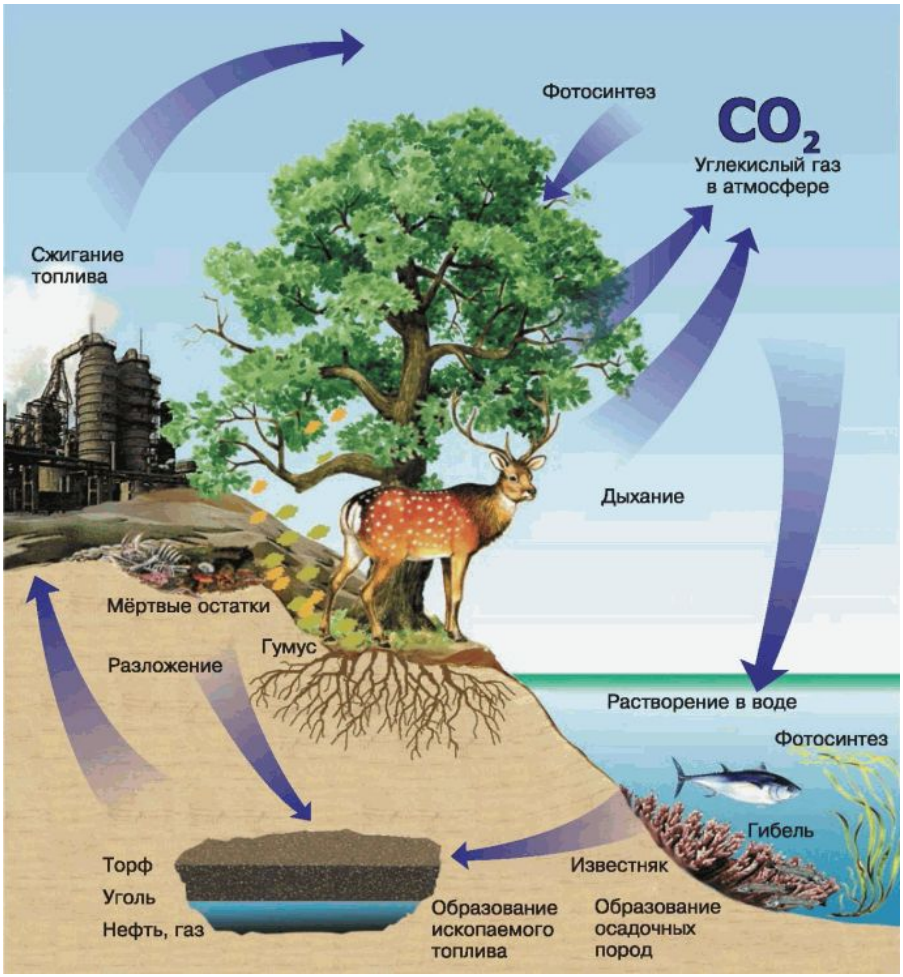


Рис. 85. Круговорот углерода в биосфере

Углерод, растворённый в морях и океанах в виде угольной кислоты (H_2CO_3) и её ионов, используется организмами для формирования скелета, состоящего из карбонатов кальция (губки, моллюски, кишечнополостные). Причём ежегодно громадное количество углерода осаждается в виде карбонатов на дно океанов.

На суше около 1 % углерода изымается из круговорота, откладываясь в виде торфа. В атмосферу углерод поступает также в результате хозяйственной деятельности человека. В настоящее время ежегодно выбрасывается в воздух около 5 млрд т углерода при сжигании ископаемого топлива (газ, нефть, уголь) и 1–2 млрд т – при переработке древесины. Каждый год количество углерода в атмосфере увеличивается примерно на 3 млрд т, что может привести к нарушению устойчивого состояния биосферы.

Огромное количество углерода содержится в горных осадочных породах. Его возвращение в круговорот зависит от вулканической деятельности и геохимических процессов.

Ноосфера. Совместная деятельность живых организмов в течение миллиардов лет создавала, а в дальнейшем поддерживала определённые условия, необходимые для существования жизни, т. е. обеспечивала гомеостаз биосферы. В. И. Вернадский писал: «На земной поверхности нет химической силы, более постоянно действующей, а потому и более могущественной по своим последствиям, чем живые организмы, взятые в целом».

Однако с появлением человека в развитии биосферы всё большее значение постепенно приобретал новый фактор – антропогенный.

В 1927 г. французские учёные Эдуард Леруа и Пьер Тейяр де Шарден ввели понятие «ноосфера». ***Ноосфера*** *– это новое эволюционное состояние биосферы, при котором разумная деятельность человека становится решающим фактором её развития.* В дальнейшем В. И. Вернадский развил представление о ноосфере как сфере разума.

> Ещё в 1922 г. В. И. Вернадский предвидел, что человечество овладеет атомной энергией. Он писал: «Недалеко то время, когда человек получит в свои руки атомную энергию, такой источник силы, который даст ему возможность строить свою жизнь, как он захочет. Сумеет ли человек воспользоваться этой силой, направить её на добро, а не на самоуничтожение?»

Вопросы для повторения и задания

1. В чём заключается влияние живых организмов на биосферу?
2. Расскажите о круговороте воды в природе.
3. Какие организмы поглощают диоксид углерода из атмосферы?
4. Опишите путь возвращения связанного углерода в атмосферу.
5. Какие факторы, кроме деятельности живых организмов, влияют на состояние нашей планеты?
6. Кто впервые ввёл в науку термин «ноосфера»?

Подумайте! Выполните!

1. Каково участие живых организмов в глобальных круговоротах веществ в природе?
2. Проведите картирование зелёных насаждений в

районе расположения школы (групповой проект).

3. Оцените, правильно ли используют роль зелёных насаждений для улучшения состояния среды в том районе, где вы живёте.

Работа с компьютером

Обратитесь к электронному приложению. Изучите материал и выполните задания.

Узнайте больше

Круговорот азота. В газовом составе атмосферы азот составляет около 80 %. Однако напрямую в виде газа живые организмы не могут его использовать. Фиксация азота и перевод его в соединения, которые поглощаются растениями, осуществляется благодаря деятельности почвенных азотфиксирующих бактерий, синтезирующих нитраты. Часть азота фиксируется в результате образования оксидов во время электрических грозовых разрядов в атмосфере. При разложении органических остатков под действием микроорганизмов (гнилостных бактерий) выделяется аммиак. Хемосинтезирующие (нитрифицирующие) бактерии превращают аммиак в азотистую, а затем в азотную кислоту. Некоторое количество азота, благодаря деятельности денитрифицирующих бактерий, поступает в воздух. Часть соединений оседает в глубоководных отложениях и на длительный срок выключается из круговорота.

Круговорот серы. Сера входит в состав белков и тоже является жизненно важным элементом. Находящиеся глубоко в почве и в морских осадочных породах соединения серы с металлами (сульфиды) переводятся хемосинтезирующими микроорганизмами в доступную растворимую форму – сульфаты, которые и используются растениями. Глубоко залегающие сульфаты вовлекаются в круговорот другой группой микроорганизмов, восстанавливающих сульфаты до сероводорода (H_2S). При разложении трупов животных или остатков растений сера возвращается в круговорот. Часть серы в виде сероводорода, сернистого газа и газообразной серы поступает в атмосферу вместе с вулканическими газами.

В результате деятельности человека круговорот многих элементов резко ускоряется, при этом в одних местах возникает их недостаток, а в других – избыток. Оксид серы (SO_2) попадает в атмосферу при сжигании угля и нефти с высоким содержанием серы. Рядом с медеплавильными заводами избыток SO_2 в воздухе

вызывает гибель растительности вследствие нарушения процесса фотосинтеза.

Круговорот фосфора. Фосфор сосредоточен в отложениях, образовавшихся в прошлые геологические эпохи. Он постепенно вымывается и попадает в экосистемы. Растения используют только часть этого фосфора; много его уносится реками в моря и снова оседает в глубоководных отложениях. Вместе с выловом рыбы на сушу возвращается примерно 60 тыс. т элементарного фосфора в год. Кроме того, ежегодно добывается от 1 до 2 млн т фосфорсодержащих пород. Хотя запасы фосфорсодержащих пород велики, в будущем потребуются специальные меры для возвращения фосфора в круговорот веществ.

30. Биосфера и человек

Вспомните!
Как протекала эволюция биосферы?
Какова роль человека в биосфере?

Ранние этапы развития человечества. Влияние человечества на биосферу началось в тот момент, когда люди перешли от собирательства к охоте и земледелию. По мнению учёных, уже в жизни питекантропов (древнейших людей) охота имела большое значение. На их стоянках, возраст которых составляет более 1 млн лет, находят кости крупных животных.

Примерно 55–30 тыс. лет назад в эпоху каменного века (палеолита) экономической основой человеческого общества была охота на крупных животных: оленя, шерстистого носорога, мамонта, лошадь, тура, дикого быка, бизона и многих других. Неандертальцы (древние люди) уже имели десятки типов каменных орудий, которые использовали в качестве кинжалов и наконечников копий, для скобления и резания туш. Будучи искусными охотниками, они загоняли животных к обрывам и топям. Подобные действия были под силу только согласованному коллективу.

В верхнем палеолите охота стала гораздо более совершенной, что сыграло огромную роль в развитии человечества (рис. 86). Неоантропы (современные люди) изготавливали орудия из кости. Важным новшеством явилось создание копьеметалки, с помощью которой кроманьонцы могли метать копья в два раза дальше. Гарпуны позволяли эффективно добывать рыбу. Кроманьонцы изобрели силки для птиц и ловушки для зверей. Совершенствовалась охота на крупного зверя: северные олени и козероги преследовались во время их сезонных миграций. Приёмы охоты с использованием знания местности (загонная охота) позволяли убивать зверей сотнями, что приводило к хищническому истреблению животных. При изучении стоянок кроманьонцев археологами были обнаружены громадные скопления костей. Так, на территории современной Чехии в одном месте были найдены остатки скелетов 100 мамонтов, в овраге около Амвросиевки на Украине – скелеты 1000 бизонов, а около г. Солютре (Франция) – скелеты 10 тыс. диких лошадей. Охота для кроманьонцев стала постоянным источником высокопитательной пищи.

Рис. 86. Охота кроманьонцев. Наскальные рисунки из пещеры в Испании

Около 10 тыс. лет назад ледник отступил, наступило резкое потепление, в Европе на смену тундре пришли леса, вымерли многие крупные животные. Подобные изменения завершили определённый этап экономического развития человечества.

В следующую эпоху (новый каменный век) наряду с охотой, рыбной ловлей и собирательством всё большее значение приобретает скотоводство и земледелие. Человек одомашнивает животных, разводит растения. Начинается освоение минеральных ресурсов, зарождается металлургия. Человечество всё больше использует ресурсы биосферы для своих нужд.

С переходом к скотоводству и земледелию человек начал разрушать сложившиеся природные сообщества. Громадные стада домашних копытных выбивали растительность, и на смену степям и саваннам приходили полупустыни. Использование огня для уничтожения растительности и освобождения земли под посевы приводило к замене лесов саваннами. Однако эти разрушения сообществ ещё не оказывали глобального воздействия на биосферу в целом.

Современная эпоха. За последние два столетия темпы развития общества резко ускорились. Значительно увеличилась численность населения планеты, выросло промышленное производство, всё больше земли использовалось под сельскохозяйственные угодья. В развитии биосферы наступил качественно новый этап, когда деятельность человека, преобразующая Землю, по своим масштабам стала соизмерима с геологическими процессами. Вернадский писал, что биогеохимическая роль человека в XX в. стала значительно превосходить роль других, самых активных в биогеохимическом отношении организмов. На Земле не осталось ни одного участка суши или моря, где нельзя было бы обнаружить следов деятельности человека. Антропогенное воздействие на биосферу

в XX в. приняло глобальный характер и поставило под угрозу её стабильное существование.

> Согласно подсчётам учёных, за всё время существования человека на Земле жило около 100 млрд людей. Это значит, что примерно каждый семнадцатый из всех живших на нашей планете людей живёт в настоящее время. При этом, когда возводились египетские пирамиды (примерно 4 тыс. лет назад), в мире жило 50 млн человек (сегодня столько живёт в одной только Англии), в начале нашей эры – 200 млн. В первой половине XIX в. численность населения планеты перевалила за миллиард, а во второй половине XX в. ещё увеличилась более чем втрое, а к 2011 г. достигла 11 млрд (рис. 87).

Влияние человека на живую природу складывается из прямого и косвенного изменения природной среды.

Чрезмерная эксплуатация и загрязнение биосферы нарушают сбалансированное существование природных сообществ, приводя к снижению многообразия видов. Постройки городов, прокладки дорог и туннелей, возведение плотин не направлены напрямую на уничтожение сложившихся экосистем, но оказывают серьёзное влияние на природу. Однако существует и прямое воздействие на живые организмы, например рубка леса.

Не так давно леса покрывали почти треть суши. Глобальное уничтожение лесной растительности было вызвано потребностью в новых сельскохозяйственных угодьях – полях и пастбищах. Особенно быстрыми темпами сейчас исчезают тропические леса. По оценкам учёных, в настоящее время ежегодно вырубается около 12 млн га леса, что по площади равно территории Англии, и ещё почти столько же гибнет из-за нерационального ведения хозяйства и выборочной рубки наиболее ценных пород деревьев. Сведение лесов очень сильно ухудшает состояние биосферы в целом.

На месте вырубленного леса исчезает тенелюбивая растительность нижних ярусов, поселяются светолюбивые растения, устойчивые к недостатку влаги и повышенной температуре. Меняется животный мир. Усиливается поверхностный сток воды, что приводит к изменению гидрологического режима водоёмов и повышает вероятность наводнений. Уничтожение лесов усиливает эрозию почвы и увеличивает в атмосфере количество углекислого газа.

Но исчезают не только леса. Степи Евразии и прерии США, экосистемы тундры и коралловых рифов – это сообщества, чьё

существование находится под угрозой, и их число растёт с каждым годом.

За последние 300 лет на Земле вымерло больше видов, чем за предыдущие 10 тысячелетий. В этом списке значатся тур и дронт, стеллерова корова и дикая лошадь тарпан, африканская голубая антилопа и странствующий голубь, туранский тигр и бескрылая гагарка (рис. 88). По оценкам учёных, в настоящее время ежедневно в среднем вымирает один вид. Тысячи видов животных находятся на грани вымирания или сохранились только в заповедниках. Особенно уязвимы небольшие популяции, имеющие ограниченное местообитание. Так, на грани исчезновения в 90-х гг. XX в. была большая панда, которая водится на юго-западе Китая и питается исключительно молодыми побегами бамбука (рис. 89). Рост населения и расчистка лесов под сельскохозяйственные угодья привели к тому, что площадь бамбуковых джунглей резко сократилась и панды начали погибать от голода. Созданные заповедники и специальная программа разведения панды в неволе с использованием искусственного осеменения позволили предупредить вымирание вида и увеличить его количество до тысячи особей.

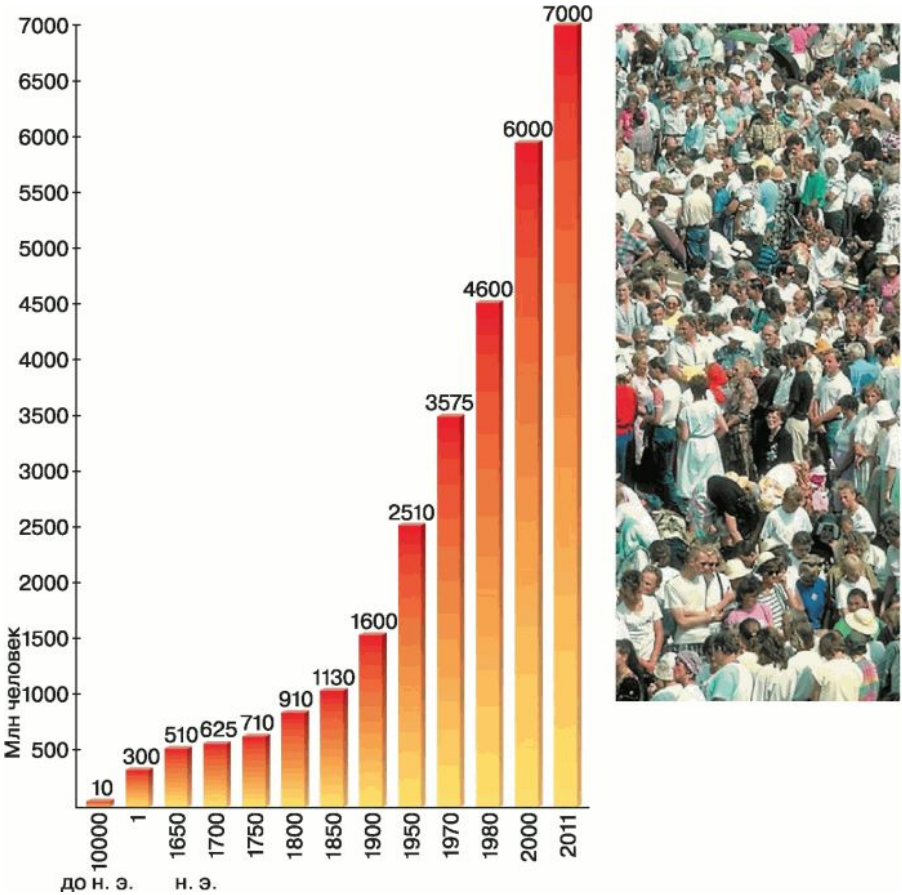


Рис. 87. Рост численности населения Земли

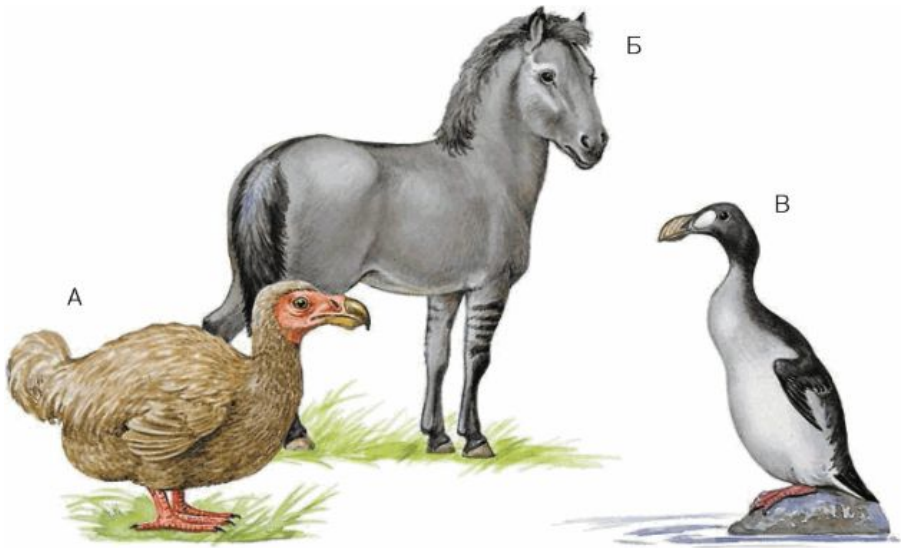


Рис. 88. Вымершие виды животных: А – дронт; Б – тарпан; В – бескрылая гагарка

Человечество заинтересовано в сохранении видового разнообразия не только с экологической точки зрения. Большинством людей признаются этические и эстетические причины, которые порой трудно подкрепить объективными данными и аргументами. Существуют также и утилитарные причины.

Растительный рацион человечества на 95 % обеспечивают всего около 30 из всех известных на сегодняшний день видов высших растений (рис. 90). Во многих развитых странах в сельском хозяйстве используется очень узкий набор сортов. В подобной ситуации изменение условий окружающей среды может вызвать резкое снижение урожайности, что будет иметь катастрофические последствия. Так, в 40-х гг. XIX в. распространение фитофторы (паразитического гриба) погубило почти полностью урожай картофеля в Ирландии, что привело к голоду в стране. Сохранение диких родичей культурных растений и домашних животных необходимо для устойчивого ведения сельского хозяйства. Существующее многообразие диких видов растений позволяет надеяться, что некоторые из них могут дать медицине новые, пока ещё неизвестные лекарственные препараты.

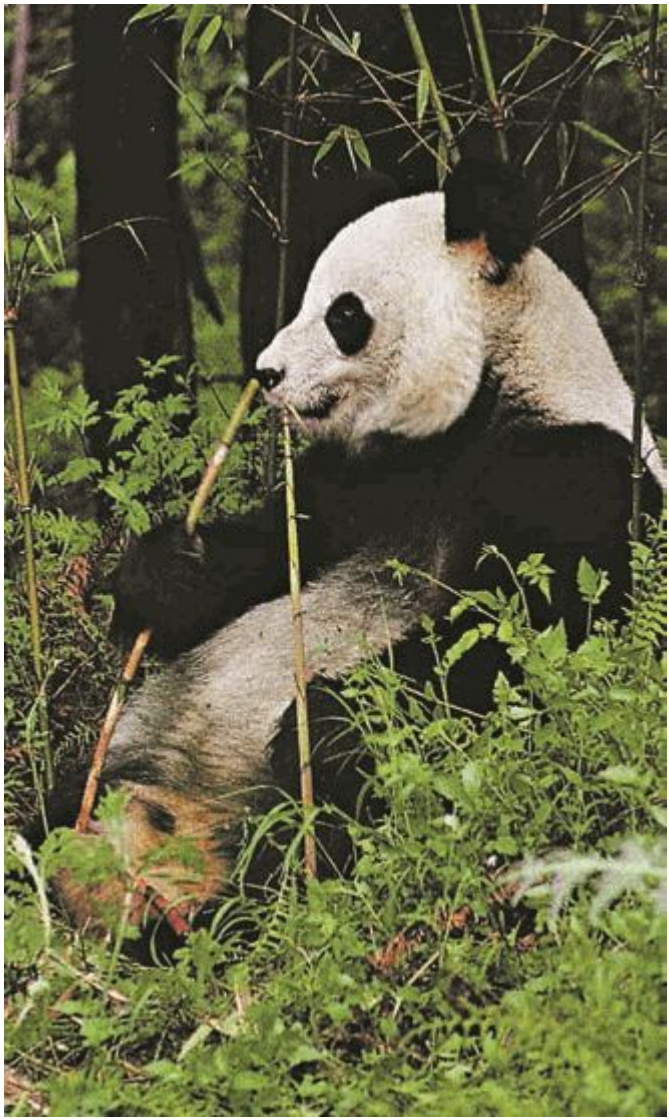


Рис. 89. Большая панда

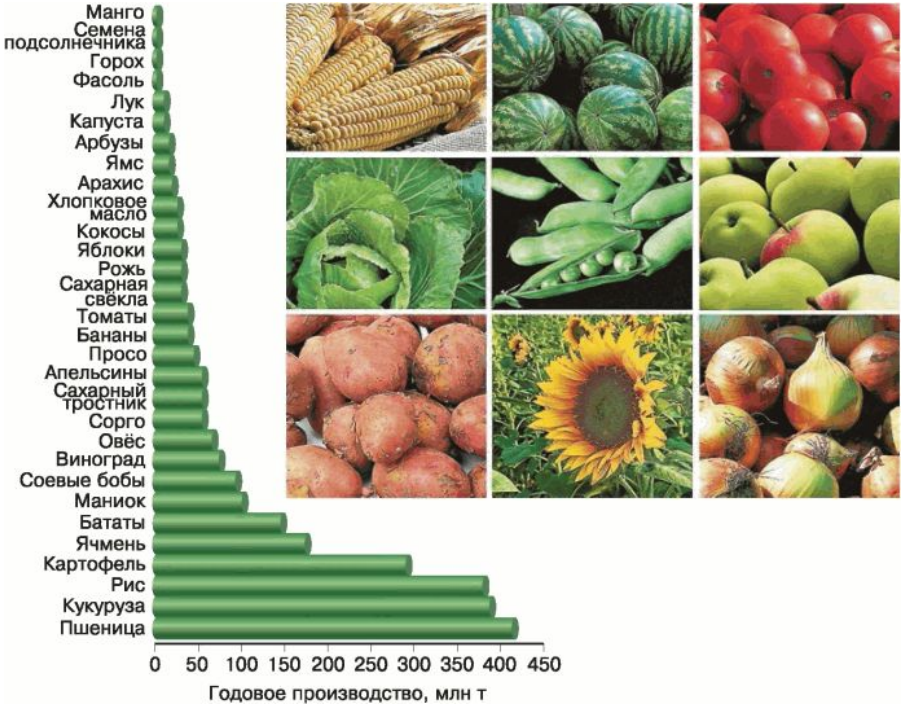


Рис. 90. Среднегодовое мировое производство основных продовольственных культур

Микроорганизмы в биотехнологических процессах, растения – в качестве сырья для производства лекарственных препаратов, животные – в качестве лабораторных объектов – список можно продолжать бесконечно. На переработке растительного и животного сырья основаны многие современные промышленные производства.

Рыболовство и охота, лесное и сельское хозяйство – человечество прямо или косвенно использует все компоненты живой природы.

Большой урон природным экосистемам приносит чрезмерный промысел. В 5 раз за последние 50 лет вырос улов рыбы в Мировом океане (рис. 91). Промысел китобойного флота поставил на грань уничтожения серого, гренландского и голубого кита. Почти 150 видов млекопитающих являются объектами охоты на территории нашей страны.

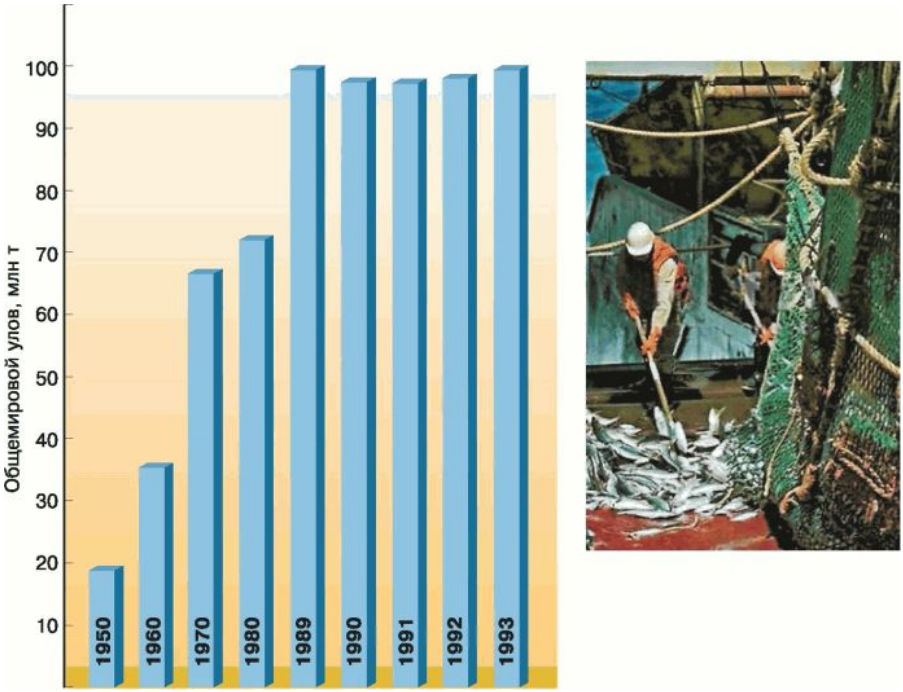


Рис. 91. Мировой улов рыбы всех видов в период с 1950 по 1993 г.

Однако не только отлов животных во время промысла является причиной снижения численности того или иного вида. Сокращение кормовой базы, освоение человеком природных территорий, загрязнение окружающей среды ведут к истощению запасов ценных биологических ресурсов, вплоть до разрушения сообществ и вымирания видов.

Вопросы для повторения и задания

1. Как отражалась на окружающей среде деятельность первобытного человека?
2. К какому периоду развития человеческого общества относится зарождение сельскохозяйственного производства?
3. Назовите причины возможного возникновения недостатка воды в ряде районов мира.
4. Как сказывается на состоянии биосферы уничтожение лесов?

Подумайте! Выполните!

1. К каким отрицательным экологическим последствиям приводит сооружение на реках каскада гидроэлектростанций?

2. В чём преимущества и недостатки тепловых электростанций? Обсудите этот вопрос в режиме «круглого стола».

3. Разработайте анкету социологического опроса об отношении к природе. Организуйте и проведите опрос. Привлеките к опросу родителей, братьев, сестёр. Проанализируйте полученные данные и представьте их в виде информационного блока на сайте школы или в стенгазете.

4. Обсудите проблему «Торговля первоцветами». Что лично ты можешь сделать, чтобы спасти первоцветы?

5. Оцените становление экологического права в России. Оформите полученную вами в процессе работы информацию в виде презентации или стендового доклада.

6. Проведите исследование, как осуществляется охрана и преобразование природы вашего края.

7. Примите участие в дискуссии на тему «Стоит ли развивать атомную энергетику, если она так опасна?». Выскажите своё мнение по данной проблеме.

Работа с компьютером

Обратитесь к электронному приложению. Изучите материал и выполните задания.

Узнайте больше

Природные ресурсы. Природные ресурсы – это естественные ресурсы: тела и силы природы, которые на данном уровне развития производительных сил могут быть использованы для удовлетворения материальных и культурных потребностей человеческого общества.

Главные виды природных ресурсов – солнечная энергия, энергия приливов и отливов, внутриземное тепло, водные, земельные, минеральные (в т. ч. топливно-энергетические), растительные, ресурсы животного мира.

Помимо выделения ресурсов по принадлежности к тем или иным компонентам природы, все природные ресурсы планеты принято подразделять на *неисчерпаемые* и *почерпаемые,* которые, в свою очередь, делят на *возобновляемые* и *невозобновляемые.*

Неисчерпаемых природных ресурсов не так уж много. Это тепло недр, энергия солнечной радиации, ветра, морских волн, течений и приливов. Ранее с учётом огромной массы воздушной и

водной среды планеты неисчерпаемыми считали атмосферный воздух и воду. Однако в последнее время большинство учёных считают, что чистый воздух и пресную воду следует рассматривать как ресурсы исчерпаемые. Условно неисчерпаемым ресурсом считают и кислород атмосферы. При современном уровне использования атмосферного воздуха и воды эти ресурсы можно рассматривать как неисчерпаемые только при разработке и реализации крупномасштабных программ, направленных на восстановление их качества.

Невозобновляемые природные ресурсы – это ископаемое топливо, металлическое минеральное сырьё (медь, железо, никель и др.) и неметаллическое минеральное сырьё (глина, песок, фосфаты и др.). Использование человеком невозобновляемых ресурсов началось в эпоху неолита. Первыми металлами, которые нашли применение, были золото и медь. Добывать руды, содержащие медь, а также олово, серебро, свинец умели уже за 4 тыс. лет до н. э.

В настоящее время человек вовлёк в сферу своей промышленной деятельности преобладающую часть известных минеральных ресурсов. Из земных недр извлекается всё больше различных руд, каменного угля, нефти и газа. Научно-технический прогресс открывает всё новые области применения чёрных и цветных металлов, различного неметаллического сырья. В результате расширяется разработка бедных руд, увеличивается добыча нефти со дна моря (например, освоение шельфа северных морей).

К возобновляемым ресурсам относят растительный и животный мир, плодородие почв. Иногда отдельно рассматривают ресурсы, скорость восстановления которых ниже скорости хозяйственного потребления, – пахотно пригодные почвы, зрелые леса, региональные водные ресурсы, их называют не полностью возобновляемыми ресурсами.

31. Основные экологические проблемы современности

Вспомните!

Какие глобальные экологические проблемы вам известны? Приведите примеры экологических проблем вашего региона.

Загрязнение атмосферы. Одной из самых острых экологических проблем в настоящее время является загрязнение среды. На ранних этапах развития биосферы воздух загрязняли только извержения вулканов и лесные пожары, но как только человек развёл свой первый костёр, началось антропогенное воздействие на атмосферу. Ещё в начале XX в. биосфера справлялась с теми продуктами сгорания угля и жидкого топлива, которые поступали в воздушную среду. Достаточно было отъехать от промышленных предприятий на несколько километров, чтобы почувствовать чистый воздух. Однако в дальнейшем быстрое развитие промышленности и транспорта привело к резкому ухудшению состояния атмосферы.

В настоящее время в атмосферу в результате деятельности человека поступают углекислый газ (CO_2), угарный газ (CO), хлорфторуглеводороды, оксиды серы и азота, метан (CH_4) и другие углеводороды. Источники этих загрязнений – сжигание природного топлива, выжигание лесов, выбросы промышленных предприятий и выхлопные газы автомобилей (рис. 92).

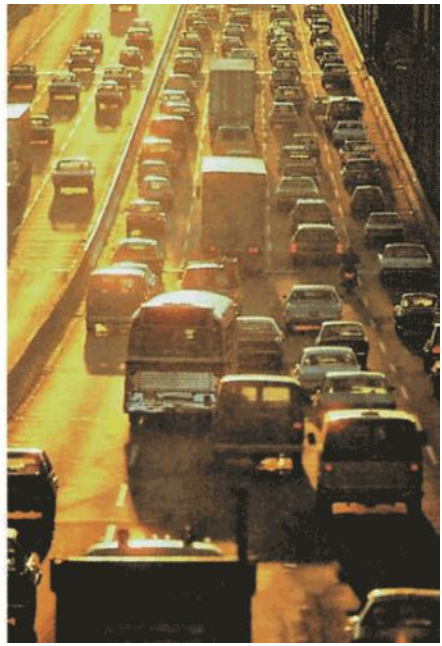


Рис. 92. Загрязнение воздуха: выбросы промышленных предприятий и выхлопные газы автомобильного транспорта

Кислотные дожди. Рядом с медеплавильными заводами в воздухе высока концентрация диоксидов серы, которые вызывают разрушение хлорофилла, недоразвитие пыльцы, засыхание хвои. Растворяясь в капельках атмосферной влаги, диоксиды серы и азота превращаются в соответствующие кислоты и выпадают на землю вместе с дождём. Почва приобретает кислую реакцию, в ней снижается количество минеральных солей. Попадая на листья, кислотные осадки разрушают защитную восковую плёнку, что приводит к развитию заболеваний растений. Особенно чувствительны к изменению кислотности мелкие водные животные и икра, поэтому максимальный вред кислотные дожди причиняют водным экосистемам. В наиболее развитых промышленных районах кислотные дожди разрушают поверхность зданий, портят памятники скульптуры и архитектуры.

Парниковый эффект. Рост концентрации в атмосфере углекислого газа и метана создаёт так называемый парниковый эффект. Эти газы пропускают солнечный свет, но частично задерживают отражённое тепловое излучение от поверхности Земли. За последние 100 лет относительная концентрация углекислого газа в атмосфере повысилась на 20 %, а метана – на 100 %, что привело к повышению температуры в среднем на планете на 0,5 °С. Если в ближайшие годы концентрация этих

газов будет увеличиваться с такой же скоростью, то к 2050 г. на Земле потеплеет ещё на 2–5 °С. Такое потепление может привести к таянию ледников и повышению уровня Мирового океана почти на 1,5 м, что вызовет затопление многих населённых прибрежных районов.

Смог. Вещества, содержащиеся в выхлопных газах автомобилей, под действием солнечного света вступают в сложные химические реакции, образуя ядовитые соединения. Вместе с капельками воды они образуют ядовитый туман – смог, который вредно действует на организм человека и на растения.

Взвеси твёрдых частиц и капельки жидкостей (дымки и туманы) значительно снижают количество солнечной радиации, достигающей поверхности Земли. В зимние месяцы в крупных городах ультрафиолетовое излучение значительно ослабевает.

Озоновые дыры. На высоте более 20 км над поверхностью Земли находится озоновый слой (O_3), который защищает всё живое от избыточного ультрафиолетового излучения. Ультрафиолет определённого волнового диапазона полезен для человека, поскольку вызывает образование витамина D. Однако чрезмерное пребывание на солнце может привести к возникновению рака кожи.

Вещества, которые используют в качестве компонентов аэрозолей и хладагентов в холодильниках, – хлорфторуглеводороды – поднимаются в стратосферу, где под действием солнечного излучения разлагаются с выделением хлора и фтора. Образовавшиеся газы вызывают превращение озона в кислород, разрушая защитную оболочку Земли, возникшую около 2 млрд лет назад.

В 1987 г. впервые было обнаружено, что над Антарктидой, над территорией, равной по площади США, озоновый слой практически полностью исчез. В последующие годы истончение озонового слоя регулярно наблюдалось над Арктикой и некоторыми участками суши.

Загрязнение и перерасход природных вод. Пресная вода составляет менее 1 % от всего мирового запаса воды, и человечество растрачивает и загрязняет это бесценное богатство. Рост населения, улучшение бытовых условий, развитие промышленности и орошаемого земледелия привело к тому, что *перерасход воды* стал одной из глобальных экологических проблем современности.

Целые реки разбираются на орошение и нужды больших городов, а вдоль их русла и в устье гибнут природные сообщества. Забор воды для города Лос-Анджелеса практически уничтожил реку Колорадо. То место, где она когда-то впадала в

Калифорнийский залив, стало сухим руслом. Разбор воды рек Средней Азии привёл к тому, что фактически перестало существовать Аральское море (рис. 93). Соль с его высохшего дна разносится ветром, вызывая засоление почв на многие сотни километров вокруг.

Рис. 93. Уменьшение акватории Аральского моря. Спутниковая съёмка, сделанная летом 2002 г. Красной линией показана граница воды по состоянию на 1960 г.

Веками грунтовые воды вымывали в недрах земли полости, своеобразные подземные водохранилища. Многочисленные родники, питающие реки и озёра, – это места выхода грунтовых вод на поверхность. Перерасход грунтовых вод уменьшает количество родников и вызывает постепенное опускание поверхности суши, так называемую *просадку грунта.* Почва

проваливается в образовавшиеся подземные пустоты, и если это происходит внезапно, то приводит к катастрофическим последствиям.

Не менее опасное явление – *загрязнение водоёмов.* С полей и пастбищ в воду попадают органические вещества, минеральные удобрения, отходы животноводства, пестициды и гербициды (рис. 94).

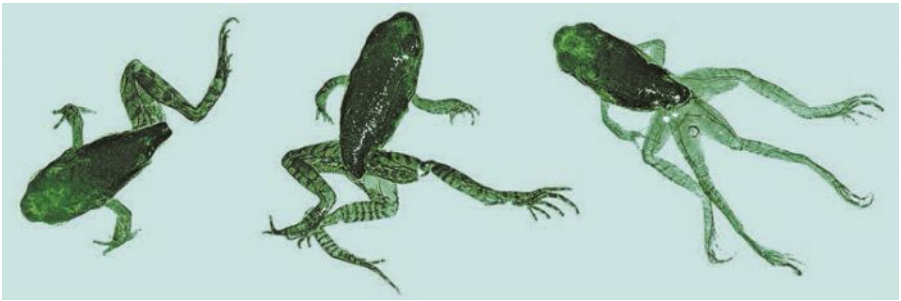


Рис. 94. Дефекты конечностей древесных лягушек, развитие которых проходило в прудах штата Пенсильвания (США), вызваны воздействием пестицидов

Канализационные стоки, которые сбрасывают в моря без предварительной очистки, создают угрозу здоровью людей. Из-за аварий танкеров и трубопроводов в океан ежегодно выливается огромное количество нефти – около 5 млн т. Сбросы промышленных предприятий, поверхностные стоки со свалок часто загрязнены тяжёлыми металлами и синтетическими органическими веществами. Соли тяжёлых металлов (свинца, ртути, меди, цинка, хрома, кадмия и др.) вызывают у человека отравления с тяжелейшими физиологическими и неврологическими последствиями. Многие искусственные органические соединения настолько напоминают природные, что усваиваются организмом, но, включаясь в обмен веществ, полностью нарушают его нормальное функционирование. В результате возникают заболевания почек, печени, бесплодие и многие другие физиологические расстройства. Особенно опасны ядовитые соединения, которые не разлагаются и, проходя через пищевые цепи, накапливаются в организмах.

> В начале 1970-х гг. в маленьком рыбачьем посёлке Минамата в Японии произошла трагедия. Химическое предприятие сбрасывало отходы, содержащие ртуть, в воду. Ртуть оседала на дно, поглощалась бактериями, а затем, постепенно концентрируясь, проходила по уровням пищевой цепи и накапливалась в рыбе. Ещё за

несколько лет до выяснения причин трагедии люди стали замечать, что в посёлке у кошек часто случались судороги, которые приводили к частичному параличу, а позднее к смерти. Сначала думали, что это какая-то специфическая кошачья болезнь, но вскоре подобные симптомы стали появляться у людей. Появились случаи умственной отсталости, психические расстройства и врождённые дефекты. К тому времени, когда выяснили причину (острое ртутное отравление) и ситуацию взяли под контроль, погибло уже более 50 человек и ещё 150 стали инвалидами. Ртуть попадала в организм человека с рыбой. Кошки пострадали первыми, потому что питались в основном только рыбой.

Загрязнение и истощение почвы. Плодородная почва – это один из важнейших ресурсов человечества, обеспечивающий производство продуктов питания. Верхний плодородный слой почвы формируется в течение длительного времени, однако разрушиться может очень быстро. Ежегодно вместе с урожаем из почвы изымается огромное количество минеральных соединений – основных компонентов питания растений. Если не вносить удобрения, в течение 50–100 лет может произойти полное *истощение почвы.*

Самое разрушительное влияние на почву оказывает *эрозия.* Распахивание степей, уничтожение лесов, избыточный выпас скота делают почву незащищённой, и верхний слой смывается водой (водная эрозия) или уносится ветром (ветровая эрозия). Унесённая с поверхности земли почва засоряет русла рек, вызывая нарушения структуры водных экосистем. При поливном земледелии избыточное орошение в условиях жаркого климата приводит к *засолению почв.*

Археологи выяснили, что упадок многих древних цивилизаций был вызван не внешними причинами и не войнами, а медленным экологическим самоубийством – неспособностью сохранять свои земельные и водные ресурсы. Потеря почвенного плодородия привела к упадку некогда процветающую цивилизацию майя в Центральной Америке. Северная Африка, когда-то кормившая всю Римскую империю, сегодня представляет собой в основном пустыню.

В настоящее время вся территория нашей планеты в той или иной степени подвержена антропогенному влиянию. Быстрый рост народонаселения требует постоянного расширения

производства. Строительство городов и промышленных предприятий, развитие сельского хозяйства и разработка полезных ископаемых привели к тому, что уже практически 20 % суши полностью преобразованы человеком. Истощаются запасы полезных ископаемых, которые относятся к невозобновляемым природным ресурсам. Загрязнение атмосферы и природных вод, эрозия и истощение почв, разрушение природных экосистем может привести человечество к экологической катастрофе. Именно поэтому всё большую актуальность приобретают природоохранные мероприятия, направленные на сохранение биосферы.

Вопросы для повторения и задания

1. Что является причиной и каковы последствия загрязнения атмосферы?
2. Как сказывается хозяйственная деятельность человека на структуре и плодородии почвы?
3. К каким последствиям приводит загрязнение вод Мирового океана?
4. Каково прямое влияние человека на растительный и животный мир Земли?
5. Какое воздействие на биогеоценозы и биосферу в целом оказывает расширение сельскохозяйственного производства?

Подумайте! Выполните!

1. Что является источником питьевой воды в том районе, где вы живёте?
2. Каковы основные экологические проблемы того региона, в котором вы живёте? Чем они вызваны?
3. Организуйте и проведите санитарно-биологическое исследование воздуха. Оцените микробное загрязнение воздуха в различных местах под открытым небом и в помещении в разное время суток (например, на оживлённой улице, во дворе школы, в парке, в спортзале школы перед тренировкой и после, в классе в начале и в конце занятий, в школьной столовой и т. д.).
4. Проведите исследование. Оцените состояние водных ресурсов вашего региона. Представьте результаты работы в виде информационного листка на стенде школы.
5. Здоровье нации – это одно из основных условий успешного развития государства, которое напрямую зависит от состояния биосферы. Примите участие в

дискуссии по типу «круглого стола» на тему «Экологические проблемы и их влияние на здоровье нации».

6. Создайте портфолио[3] по теме «Окружающая среда и нарушения иммунитета».

7. Искусственное ночное освещение используется человечеством на протяжении веков. Однако потенциальными экологическими последствиями светового загрязнения люди озаботились совсем недавно. Было обнаружено, что уличное освещение изменяет состав и численность популяций насекомых и других беспозвоночных, населяющих наши города. Обсудите, какие последствия может иметь проблема светового загрязнения городов.

8. Познакомьтесь с публикациями в местных газетах и журналах (за последние 1–2 месяца) и установите наиболее яркие проявления нарушений природоохранного законодательства. Обсудите найденные материалы в классе.

32. Пути решения экологических проблем

Вспомните!

Какие экологические проблемы считают глобальными; региональными?

Охрана окружающей среды – общее дело всего человечества. По мере роста населения и масштабов производства экологические последствия хозяйственной деятельности людей становились всё более ощутимыми, а площади нетронутых природных территорий неуклонно сокращались. В середине XX в. общество впервые начало ощущать угрозу глобального загрязнения окружающей среды. С началом промышленной и аграрной революции значительно увеличилась скорость вымирания видов (рис. 95). Состояние биосферы уже нельзя было воспринимать как некий компромисс между целями и средствами их достижения. Необходимо было срочно отказаться от потребительского отношения к природе и принять меры по охране окружающей среды. В 60–70-е гг. XX в. начало активно развиваться *природоохранное движение.*

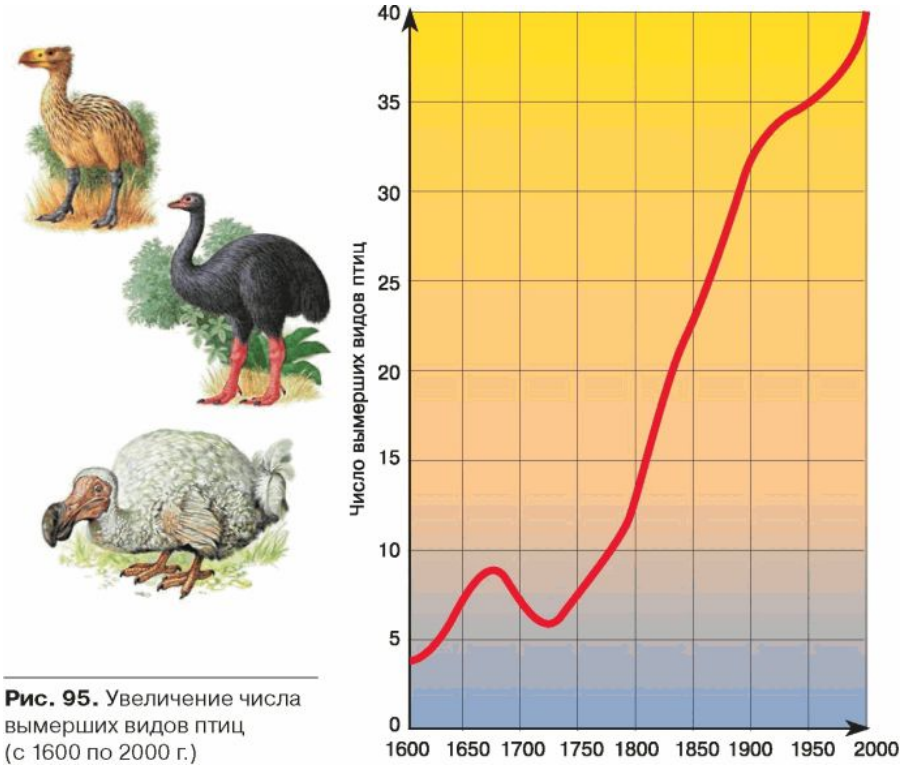


Рис. 95. Увеличение числа вымерших видов птиц (с 1600 по 2000 г.)

Рис. 95. Увеличение числа вымерших видов птиц (с 1600 по 2000 г.)

Охрана окружающей среды – это поддержание устойчивого состояния биосферы, при котором её абиотические параметры не ухудшаются, а виды не сокращаются в своей численности и тем более не вымирают. Развитие современного общества должно осуществляться в соответствии с концепцией устойчивого развития, т. е. удовлетворение потребностей сегодняшнего дня может и должно происходить без вступления в конфликт с природными законами.

Предельно ясно, что сбалансированное развитие человечества возможно только в мировом масштабе. Трудно охранять природную среду, заботиться о чистоте воды, почвы и воздуха только в одном отдельно взятом регионе. Биосфера – это совокупность всех экосистем, взаимодействующих между собой. Нарушения в одной из них вызовут изменения в остальных. Для биосферы не существует государственных и иных административных границ. Поэтому охрана среды и рациональное природопользование – это общее дело всего человечества, успешность которого зависит от развития науки и от совместных усилий правительств и общественности. В 1948 г. был создан Международный союз охраны природы и природных ресурсов (МСОП), который издаёт Красную книгу редких и находящихся под угрозой исчезновения видов растений и животных (рис. 96). Начиная с 1971 г. ЮНЕСКО осуществляет международную программу «Человек и биосфера». Каждый житель планеты должен стремиться сохранять и приумножать богатство окружающего мира, того мира, чьим полноправным членом является он сам.

> Россия подписала Всемирную хартию природы. Первый пункт этого документа гласит: «Любая форма жизни является уникальной, какой бы ни была её полезность для человека».

Развитие промышленности и энергетики. Современная промышленность должна развиваться с учётом экологических требований, потому что предотвратить загрязнения легче, чем их ликвидировать. Существуют законодательно установленные критерии загрязнения. ***Предельно допустимая концентрация* (ПДК)** – *это максимальное количество вредного вещества в единице объёма или массы, которое при ежедневном воздействии в течение неограниченного времени не вызывает каких-либо болезненных изменений в организме человека.* Промышленное

предприятие, которое за счёт выбросов вызывает загрязнение окружающей среды с превышением ПДК, должно быть закрыто.

Для того чтобы уменьшить загрязнения, устанавливают специальные очистные сооружения. Фильтры на трубах предотвращают выброс в атмосферу многих вредных газов. Бытовые и промышленные сточные воды подвергают многоступенчатой процедуре очистки, включающей механическую, физико-химическую и биологическую обработку (рис. 97). На этапе биологической очистки используют так называемый активный ил, представляющий собой смесь редуцентов – микроорганизмов, которые в ходе питания перерабатывают органические вещества сточных вод. Усовершенствование автомобильных двигателей и установка специальных фильтров снижают выброс в воздух угарного газа и углеводородов. Разрабатывают и внедряют современные технологии комплексной переработки сырья, которые позволяют свести к минимуму образование отходов.

Уменьшить загрязнение среды можно путём перехода на новые, более «чистые» источники энергии. Например, использование в автомобилях в качестве топлива сжиженного газа или этилового спирта, внедрение электромобилей. Сжигание на теплоэлектростанциях природного газа вместо угля значительно снижает выбросы диоксида серы.

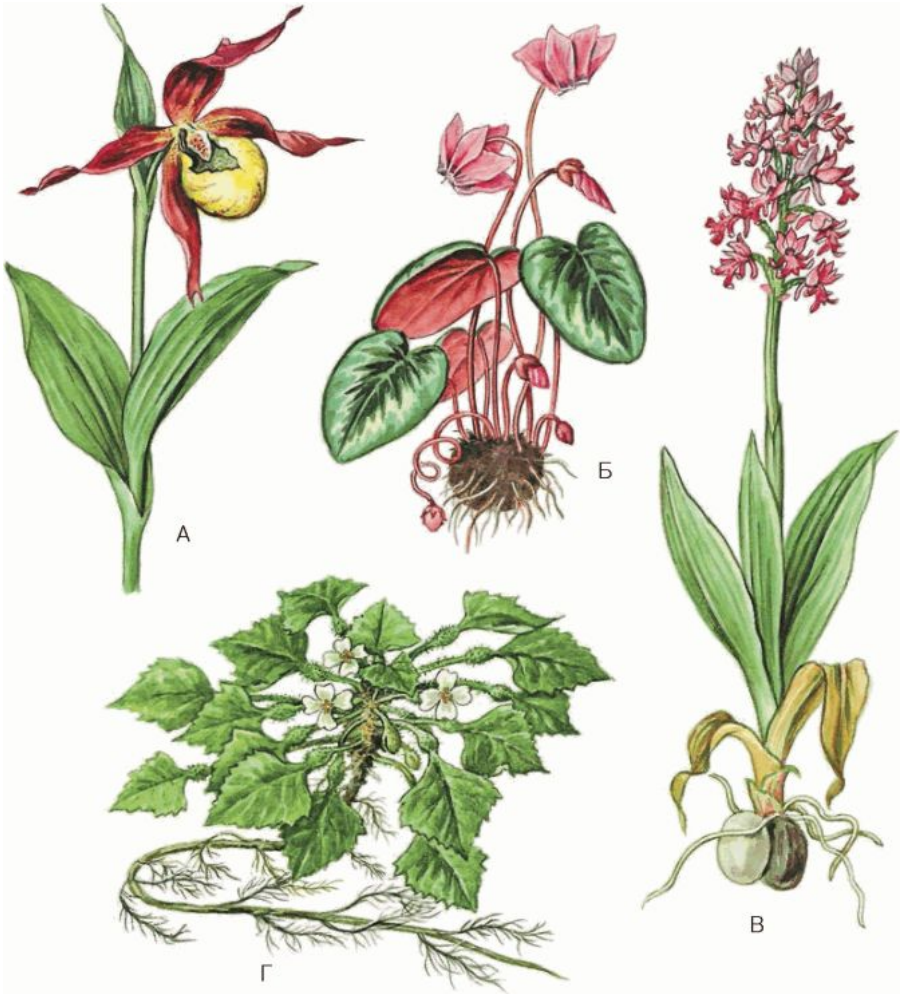


Рис. 96. Редкие виды растений: А – венерин башмачок; Б – цикламен колхидский; В – ятрышник шлемоносный; Г – водяной орех, или чилим

Современное человечество образует огромное количество отходов, многие из которых содержат ценные вещества. Переработка отходов и повторное их использование позволяет значительно экономить энергию и природные ресурсы. Например, использование металлолома вместо железной руды или макулатуры для производства бумаги. Значительная часть мусора представляет собой органические вещества, которые можно подвергнуть биоразложению. В ходе этого процесса образуется горючий газ метан, который можно использовать в качестве топлива.

Рис. 97. Сооружения по очистке воды

Примером международного сотрудничества в области охраны природы является международное соглашение, принятое большинством стран, о запрете на использование хлорфторуглеводородов – веществ, разрушающих озоновый слой.

Развитие сельского хозяйства. Развитие современного сельского хозяйства должно быть направлено на повышение урожайности и продуктивности, что позволит решить одну из основных проблем – как накормить человечество, не увеличивая площадь земель, занятых под сельскохозяйственные угодья. С этой целью селекционеры выводят новые сорта растений, более продуктивные и устойчивые к заболеваниям. Осуществляют правильную организацию севооборотов, вводят смешанное культивирование, при котором на полях выращивается одновременно несколько видов растений. Развивают биологические методы борьбы с вредителями, что позволяет значительно снизить применение ядохимикатов.

Важной проблемой является борьба с эрозией почвы. Для того чтобы предупредить уничтожение верхнего плодородного слоя, землю распахивают поперёк склонов; таким образом вода, стекающая вниз, задерживается бороздами. Вокруг полей высаживают деревья и кустарники, формируя полезащитные полосы, которые препятствуют ветровой эрозии.

Сохранение природных экосистем. Устойчивое функционирование биосферы возможно только при сохранении природного разнообразия (§ 12). С этой целью во всём мире создаются заповедники, заказники, национальные парки и другие охраняемые природные территории, на которых категорически запрещена всякая хозяйственная деятельность. В настоящее время на территории России и других стран СНГ насчитывается более

150 заповедников и 10 национальных парков, которые служат не только для сохранения существующих природных сообществ, но и для увеличения численности исчезающих видов, акклиматизации новых видов и одомашнивания диких животных, обладающих ценными хозяйственными качествами. В результате природоохранных мер восстановлена численность бобра, сайгака, белой цапли, лося и многих других животных, которые ещё недавно находились под угрозой исчезновения.

Некоторые виды пушных зверей были переселены в новые районы, куда самостоятельно они перебраться не могли, т. е. ареал обитания этих видов значительно расширился. Так, дальневосточную енотовидную собаку и пятнистого оленя поселили в европейской части России, зайца-русака – в степях Сибири. Больших успехов удалось добиться в восстановлении численности соболя. Это было достигнуто многолетним запретом добычи, тщательной охраной и искусственным расселением. В России успешно прижилась североамериканская ондатра, известная своим ценным мехом. На Дальнем Востоке акклиматизировалась американская норка, имеющая важное промысловое значение.

Большой вклад в сохранение исчезающих видов вносят работы по искусственному разведению животных, которые осуществляются во всех крупных зоопарках мира. Потомство, рождённое в неволе, требует специальной адаптации к природным условиям, что сопряжено с определёнными трудностями. Однако успехи на этом поприще позволяют надеяться, что подобная практика поможет сохранить вымирающие виды.

> В 1949 г. дикая популяция гавайской казарки сократилась до 12 птиц. Программа разведения в неволе обеспечила сохранение вида, и в настоящее время в исходное местообитание удалось вернуть 3 тыс. птиц.

Подобная природоохранная деятельность приносит позитивные результаты, и есть надежда, что глобальные экологические проблемы человечества будут решены. Однако следует отчётливо представлять, что успех в решении этих проблем зависит от всех и каждого. Нельзя рассчитывать, что твой голос, твой поступок или твоё равнодушие окажется незначимым и не повлияет на состояние всей природы в целом. Большое складывается из малого. Глобальная биосфера состоит из отдельных экосистем, каждая из которых, в свою очередь, складывается из десятков и сотен тысяч особей многих видов. Разрушенный муравейник, собранный букет полевых цветов,

срубленное дерево, вымытая на берегу пруда машина, браконьерская охота – всё это губит природу. Современный житель Земли должен понимать, что его собственная жизнь и жизнь его потомков зависит от него самого. Каждый из нас, формируя в себе самом и окружающих грамотное экологическое сознание, способен изменить ситуацию. Экологическое сознание подразумевает бережное отношение к природе, которое позволит сохранить окружающую среду и всю биосферу в целом для будущих поколений людей.

Вопросы для повторения и задания

1. Что такое предельно допустимые концентрации (ПДК)?
2. Какие способы снижения загрязнения окружающей среды используют на промышленных предприятиях?
3. Известны ли вам какие-либо международные соглашения, направленные на решение общих экологических проблем?
4. Расскажите, что вам известно о работе природоохранных организаций, направленной на сохранение исчезающих видов.

Подумайте! Выполните!

1. Можно ли предотвратить экологическую катастрофу на Земле? Какую роль в этом играет международное сотрудничество?
2. Нужно ли определять ПДК канцерогенов? Объясните свою точку зрения.
3. Предложите возможные пути решения экологических проблем вашего региона.
4. Нанесите на карту вашего района охраняемые объекты и ценные памятники природы.
5. Создайте портфолио по теме «Заповедники, заказники, национальные парки и другие охраняемые территории региона».
6. Выявите скопления бытовых отходов и свалок мусора на территории вашего района. Организуйте и проведите мероприятия по очистке территории. Напишите краткую заметку в местную газету о проведённом мероприятии.
7. Выясните, какие организации и общества проводят работу по охране природы в вашей местности. Оцените их работу. Напишите короткую статью (1,5–2 страницы) по результатам этой оценки. Участвует ли ваша школа в природоохранном движении? Если да, то в каких

формах?

8. Оцените, как выполняются природоохранные законодательства и осуществляется контроль за рациональным использованием природных ресурсов в вашем районе и области.

Работа с компьютером

Обратитесь к электронному приложению. Изучите материал и выполните задания.

Ваша будущая профессия

1. Выясните, какие новые профессии возникли в XX–XXI вв. в связи с общей экологизацией науки.

2. Докажите, что для разрешения современных экологических проблем необходима интеграция знаний и достижений всех наук и людей всех специальностей.

3. Используя дополнительные источники информации, выясните, что является предметом изучения урбоэкологии.

4. В каких средних специальных и высших учебных заведениях можно получить специальность «эколог»? В каких сферах могут работать выпускники-экологи?

5. Попробуйте смоделировать ситуации, в которых вам могут пригодиться знания, полученные при изучении этой главы. Попросите родителей поделиться с вами опытом использования биологических знаний в повседневной жизни.

6. Сделайте фотоколлаж на тему «профессии моей семьи», в котором кратко расскажите о работе ваших родителей, бабушек, дедушек, старших братьев и сестёр. Необходимо ли им в работе знание биологии? Организуйте вместе с одноклассниками общую выставку «Профессионалы в своих профессиях», пригласив на неё своих родных и близких.

Заключение

Курс общей биологии завершает изучение биологии в школе. Позади остались природоведение и ботаника, зоология и анатомия, лабораторные практикумы и контрольные работы, тесты и доклады, экскурсии и выступления на конференциях.

Никто из вас не вспомнит дословно всё то, что за эти годы рассказали вам учителя, то, что вы прочитали в учебниках, нашли в Интернете или услышали в сообщениях одноклассников. Да это и не нужно. Самое главное, чтобы, узнавая законы природы, знакомясь с её многообразием, сложностью и удивительной хрупкостью, вы поняли, что её дальнейшее существование зависит лично от вас.

Независимо от того, какую специальность вы выберете, где будете учиться и работать, ваша жизнь будет неразрывно связана с биологией – одной из ведущих наук современности.

Собственное здоровье и здоровье будущих детей, возможность продления человеческой жизни и современные достижения медицины, трансгенные организмы и клонирование, экологические проблемы и охрана окружающей среды – все эти вопросы так или иначе касаются каждого из нас.

Многие биологические явления ещё ждут своих исследователей. Возникновение жизни на Земле, происхождение и эволюция человека – вопросы, на которые ещё нет однозначных ответов.

Стремительное сокращение биологического разнообразия, разрушение экосистем, загрязнение окружающей среды, возникновение новых заболеваний – для скорейшего решения этих и других проблем современности необходима интеграция знаний и достижений всех наук и людей всех специальностей, составляющих вместе единое целое – человечество.

Приложения

Организация работы над учебными проектами

Учебный проект – организационная форма целенаправленной учебно-исследовательской работы (деятельности), которая ориентирована на достижение конкретного результата по решению какой-либо значимой (актуальной) проблемы. Проект может быть реализован как индивидуально, так и коллективно – совместно несколькими участниками проекта. Важнейшим результатом реализации учебного проекта является не только собственно получение новых знаний, но и представление его результатов и их обсуждение. Рассмотрим последовательность реализации проекта.

1. Выбор темы и формулирование цели и задач проекта

Необходимо правильно определить область исследования, направление, объект и предмет исследования.

Также необходимо сформулировать цель и задачи проекта: предполагаемые итоги работы, поддающиеся оценке. Цель и задачи проекта должны логически вытекать из постановки проблемы.

Очень приветствуется **возможность внедрения** получаемых в процессе выполнения проекта результатов в практическую деятельность.

2. Название проекта

Название проекта должно быть чётким и достаточно кратким.

3. Подготовка плана работы

На данном этапе подготовки проекта должны быть определены источники информации, способы сбора, анализа и представления результатов, определена последовательность решения поставленных задач.

4. Выбор методик исследования

Выбор методов и средств измерений зависит не только от того, за каким компонентом или параметром вы намерены вести наблюдения, но и от задач вашей программы в целом.

5. Проведение работ

Работы проводятся в соответствии с поставленными задачами и с использованием выбранных методик. Следует продумать, какие приборы и инструменты вы будете использовать, а также статистический анализ цифровых материалов.

Основополагающим условием при выполнении исследований является получение достоверных и сопоставимых аналитических данных.

Важной составляющей проекта может стать документирование результатов. Документировать необходимо все стадии работы, начиная с отбора проб. Особое внимание этому следует уделить, если вы намерены добиваться принятия каких-либо административных решений на основе ваших результатов. Активнее используйте фотодокументирование, так как оно позволяет захватить события, имеющие временный или даже однократный характер (например, встреча редкого вида, сброс сточных вод в водоём).

6. Обработка результатов, формулирование выводов

Это основной раздел, который чаще всего делится на подразделы, каждый из которых соответствует определённой задаче.

В данном разделе подробно излагаются полученные результаты, которые при необходимости иллюстрируются с помощью таблиц, рисунков, графиков, диаграмм, фотографий и т. п.

Процесс интерпретации полученных результатов можно коротко описать как анализ данных, целью которого является получение как можно большего объёма информации о процессах, к которым данные имеют (или предположительно могут иметь) отношение.

При формулировании выводов необходимо оценить, достиг ли проект цели, в какой степени цель достигнута.

Выводы должны соответствовать задачам проекта. Следует кратко (по пунктам) сформулировать результаты, дать практические рекомендации и наметить перспективы для дальнейших исследований. Не ограничивайтесь простой констатацией ситуации. Если в ходе выполнения проекта чётких результатов получить не удалось, тогда вместо выводов формулируется заключение.

7. Подготовка и оформление письменного текста

Письменный (машинописный) текст проекта должен включать титульный лист, аннотацию, иллюстрации, графики, рисунки, фотографии, перечень ссылок и приложений, список литературы. Таким образом, первой страницей считается титульный лист и т. д.

Как правило, текст должен быть расположен на одной стороне листа формата А4, напечатан через полуторный межстрочный интервал, шрифт обычный (не жирный, не курсив), Times New Roman, 12-й или 14-й размер шрифта, параметры страницы: верхнее, нижнее, правое поле – 2 см, левое поле – 3 см.

В тексте проекта следует помещать ссылки на используемые работы с указанием фамилий авторов (названия книги) и года.

При этом в списке литературы приводятся только цитируемые источники.

При необходимости воспроизводятся рисунки и таблицы, снабжённые ссылками на источник.

На титульном листе проекта обязательно должны быть указаны: полные фамилии и имена участников проекта, чёткое и краткое название проекта.

Вторая страница проекта должна содержать научную аннотацию.

8. Оформление аннотации

Аннотация – это краткое описание проекта, включающее главные разделы проекта, такие как цель, методы и материалы, исследования (наблюдения), достигнутые результаты и выводы. Аннотация размещается на второй странице проекта (после титульного листа) и не должна превышать 20 строк.

9. Подготовка литературного обзора

При составлении литературного обзора необходимо показать знание основных работ по исследуемому вопросу, а также умение работать с литературой: подбирать необходимые источники, проводить их сопоставление.

В конце этого раздела желательно сделать краткий вывод о степени изученности и перспективах по данной проблеме.

10. Формирование и оформление списка литературы, приложений

Список литературы должен быть оформлен согласно библиографическому стандарту.

Приложения включают иллюстрации, фотографии, графики, таблицы и т. д.) и помещаются в конце работы после списка литературы на отдельных листах. В электронном виде приложения представляются отдельными файлами.

11. Представление результатов

По результатам проектов и исследований могут быть приняты «Постановление» или «Обращение», которые направляются в административные органы, общественные организации региона, в средства массовой информации. Выпустите общешкольную газету (альманах), сделайте стенгазету или стенд, где отразите материалы проведённого вами исследования.

Список рекомендуемых интернет-сайтов

http://www.minzdravsoc.ru/ Министерство здравоохранения и социального развития РФ.

http://www.kunstkamera.ru/ Музей антропологии и этнографии им. Петра Великого РАН.

http://www.gbmt.ru/ru/index.php/ Государственный биологический музей им. К. А. Тимирязева.

http://www.fbb.msu.ru/ Факультет биоинженерии и биоинформатики МГУ им. М. В. Ломоносова.

http://www.ecfs.msu.ru/ Аграрный центр МГУ, Евразийский центр по продовольственной безопасности.

http://www.biodat.ru/ Биоразнообразие. Красная книга РФ.

http://www.bio.msu.ru/ Биологический факультет МГУ им. М. В. Ломоносова.

http://www.antropos.msu.ru/ Научно-исследовательский институт и музей антропологии им. Д. Н. Анучина.

http://www.antropos.msu.ru/ Научно-исследовательский институт и музей антропологии МГУ им. М. В. Ломоносова.

http://univertv.ru/video/biology/ Образовательный видеопортал.

http://school-collection.edu.ru/catalog/ Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов.

http://interneturok.ru/ Видеоуроки.

http://humbio.ru/ База знаний по биологии человека.

http://ecologysite.ru/ Экологический портал. Каталог экологических сайтов.

http://darwin.museum.ru/ Государственный Дарвиновский музей.

http://bibliotekar.ru/CentrLyudi/index.htm/ Книга «Первобытные люди», авторы: Марджори и Чарлз Квеннелл.

http://www.ecolife.ru/ Журнал «Экология и жизнь».

http://nauka.relis.ru/ Наука – это жизнь!

Памятка для ученика

Памятка № 1. *Этапы поиска путей решения проблемы.*

1. Выявление проблемы (противоречия между старым и новым знанием, конфликта точек зрения, ситуации неопределённости).
2. Выдвижение гипотезы решения проблемы.
3. Проверка гипотезы: выбор методов, отбор источников информации, получение и интерпретация результатов.
4. Подтверждение или опровержение гипотезы. При опровержении – выдвижение новой гипотезы.

Памятка № 2. *Этапы работы над проектом.*

Цель проектной деятельности – создание нового материального или нематериального продукта.

1. Выбор тематики.
2. Определение задач, которые необходимо решить для создания продукта.
3. Планирование деятельности по решению задач.
4. Работа над проектом.
5. Оформление результатов работы.
6. Презентация проекта.

Памятка № 3. *Этапы проведения исследования.*

Цель исследовательской деятельности – создание нового знания.

1. Выбор темы.
2. Определение задач, которые необходимо решить.
3. Выдвижение гипотезы, позволяющей решить поставленные задачи.
4. Проверка гипотезы: выбор методов, отбор источников информации, получение и интерпретация результатов.
5. Оформление результатов работы.
6. Защита работы.

Памятка № 4. *Некоторые критерии оценки проекта и исследования.*

1. Значимость и актуальность темы.
2. Активность участников проекта, исследования.
3. Глубина проникновения в проблему.
4. Качество представления и оформления результатов.
5. Качество презентации.

notes

Примечания

1

Конфуций (ок. 551–479 до н. э.), Диоген (ок. 400 – ок. 325 до н. э.), Фалес (ок. 625 – ок. 547 до н. э.), Анаксагор (ок. 500–428 до н. э.), Демокрит (ок. 470 или 460 до н. э. – ? умер в глубокой старости), Пифагор (VI в. до н. э.), Анаксимандр (ок. 610 – после 547 до н. э.), Гиппократ (ок. 460 – ок. 370 до н. э.).

2

Многие современные учёные для определения географического видообразования используют термин *аллопатрическое видообразование* (от греч. alios – другой, иной и patris – родина).

3

В портфолио могут входить тексты из справочников, словарей, научно-популярной литературы, загадки, пословицы, схемы, микрофотографии, статьи из журналов и газет, рисунки, список терминов и их объяснения, материалы сайтов Интернета.